



ERKENNTNISTHEORETISCHE GRUNDZÜGE DER NATURWISSENSCHAFTEN

UND IHRE

BEZIEHUNGEN ZUM GEISTESLEBEN DER GEGENWART.

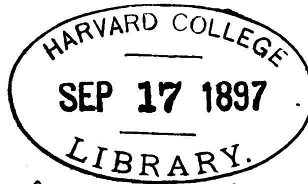
ALLGEMEIN WISSENSCHAFTLICHE VORTRÄGE

VON

Paul
DR. P. VOLKMANN,
PROFESSOR AN DER UNIVERSITÄT KÖNIGSBERG I/PR.



LEIPZIG,
DRUCK UND VERLAG VON B. G. TEUBNER.
1896


HARVARD COLLEGE
SEP 17 1897
LIBRARY.

Vorwort.

Die nachfolgend veröffentlichten erkenntnistheoretischen Studien reichen theilweise in das vorige Jahrzehnt zurück. Aufsätze in der Zeitschrift „Himmel und Erde" (Jahrgänge 1892—94), Vorlesungen an der hiesigen Universität im Winter-Semester 1893/4 und im „Verein für fortbildende Vorträge" im Herbst 1895 über einschlägige Gegenstände halfen meine Anschauungen läutern, und so darf ich denn hoffen, mit einer nicht ganz unreifen Arbeit vor einen weiteren Kreis zu treten.

Eine Ermunterung zu einem vorläufigen Abschluss dieser Studien entnahm ich abgesehen von der Zustimmung, welche einige meiner erwähnten Aufsätze gefunden haben, der Wahrnehmung, dass gegenwärtig mehr denn je auf naturwissenschaftlichem Gebiet erkenntnistheoretisch gearbeitet wird. Innerhalb der Physik erscheint es wesentlich eine Folge der Faraday-Maxwell'schen Richtung, dass die erkenntnistheoretische Forschung einen so unerwarteten Aufschwung genommen hat. Ich erinnere hier an die einschlägigen Arbeiten von Helmholtz, Mach, Boltzmann, Hertz, Ostwald.

Mit der Veröffentlichung meiner Studien möchte ich mich vielleicht weniger an die Fachgenossen im engeren Sinn als den weiteren Kreis eines gebildeten und wissenschaftlich interessirten Publicums wenden. Dass hier und darüber hinaus ein Bedürfnis besteht, sich zur Veranschaulichung eigener Ideencombinationen auf naturwissenschaftliche Anschauungen und Begriffe zu beziehen, das ist mir oft genug in gesprochenen, geschriebenen und gedruckten

Aeusserungen hervorragender Männer entgegengetreten. Je weniger in solchen Fällen immer von einer Beherrschung des naturwissenschaftlichen Materials die Rede sein konnte, um so lohnender schien mir vom Standpunkt meiner physikalischen Fachbildung[1]) der Versuch, an der Hand zweckmässig gewählter Beispiele naturwissenschaftliches Material darzubieten, um an ihm die allgemeinen Formen zur Anschauung zu bringen, in denen sich das naturwissenschaftliche Denken bewegt, und in denen überhaupt naturwissenschaftliche Erkenntnis zu Stande kommt.

Damit in Zusammenhang steht, dass die Beiträge zu einer wissenschaftlichen Methodenlehre, welche ich liefern will, ebensogut auch auf anderem Grund und Boden als naturwissenschaftlichem erwachsen können — und sie sind auch hie und da erwachsen. Aber das ist meine Meinung: Die Naturwissenschaften scheinen dafür insofern den geeignetsten Ausgangspunkt zu bieten, als es ihnen am leichtesten ist, sich dem Object der Forschung als einem rein äusseren gegenüberzustellen, frei von allen Erregungen des Gemüths, welche nur allzuleicht mit einer Trübung des Urtheils verbunden sind.

Weist man sonst darauf hin, dass es den Naturwissenschaften an inneren Berührungspunkten mit dem Menschlichen in uns fehle, so drängt sich gerade von dieser Seite aus die Ueberzeugung auf, dass in den Naturwissenschaften eine besondere Culturaufgabe schlummere, die bisher nur wenig oder gar nicht in das Bewusstsein allgemeiner Bildung getreten: die Aufgabe, in der Methode verwickelten Stoffes Meister und Herr zu werden, unter Umständen vorbildlich dienen zu können.

Die Bedeutung dieses Gedankens für die Gegenwart ist wichtig genug, um ihn noch in einer anderen Form zu veranschaulichen. Selbst mit tausend Banden an das Leben

1) Ich werde hinsichtlich des beigebrachten ausserphysikalischen, naturwissenschaftlichen Materials z. B. in dem zweiten Vortrag um Nachsicht zu bitten haben.

und die uns umgebende Wirklichkeit geknüpft, erscheint es im Kampf der Meinungen überaus schwer, das logische Verhältnis von Voraussetzung und Folge erkenntnistheoretisch in das Licht zu setzen, welches zur Erfassung der Wirklichkeit nun einmal nöthig ist. Dieses Verhältnis erscheint oft dermaassen getrübt, dass die Einbildung einer Voraussetzungslosigkeit der Behandlung nur allzuhäufig den Gedanken an die logische Unmöglichkeit einer solchen gar nicht aufkommen lässt. Und wo die Nothwendigkeit einer Analyse nach dem logischen Schema von Voraussetzung und Folge zugestanden wird, da mag es auf dem ersten Blick scheinen, als ob die elementare Mathematik dazu eine genügende Anleitung zur Hand giebt.

Aber der Mathematik fehlt der Reichthum der Wirklichkeit, welchen die Naturwissenschaften gewähren, und die Elemente der Wirklichkeit in ihnen sind nicht in dem Maasse zu Tage liegend, wie das z. B. von den Elementen der Geometrie behauptet werden kann, sie müssen viel eher nach physikalischem Muster mühsam gesammelt und festgestellt werden. Daran liegt es, dass für das Verhältnis von Voraussetzung und Folge die Physik mit grösserem Recht als vorbildliches Analogon zur theoretischen Erfassung anderer Wirklichkeiten hingestellt werden kann, als die Mathematik.

Wenn die Physik eine Theorie oder ein System der Wirklichkeit auf ihrem Gebiet zu sein beansprucht, dann müsste es in der That auffallend sein, wenn sie nicht jeder Theorie und jedem System der Wirklichkeit auf ganz anderen Gebieten erkenntnistheoretische Formen und Betrachtungen nahezulegen vermöchte. Und wenn es nichts weiter wäre als die Erkenntnis, dass es einer Wissenschaft der Wirklichkeit nicht sowohl auf Wahrheit als auf angemessene Begriffsbildung ankommen muss — anders ausgedrückt, dass ein allzu unmittelbarer Versuch, die Wahrheit zu erfassen, einer angemessenen Begriffsbildung nur hinderlich wäre, möchte ich dies schon als einen nicht zu unterschätzenden Gewinn bezeichnen.

Den Naturwissenschaften entnommene erkenntnistheore-

tische Studien, wie die vorliegenden, scheinen mir noch nach anderer Richtung von allgemeiner Bedeutung. Es lässt sich nicht leugnen, dass durch die Naturwissenschaften um die Mitte des nun bald scheidenden Jahrhunderts ein gewisser Zwiespalt in das Geistesleben der Menschheit hineingetragen erscheint; die Naturwissenschaften haben damit in erster Linie auch die Verpflichtung übernommen, diesen Zwiespalt zu lösen. Dieser Verpflichtung dürften sie am besten durch Bekanntgabe der positiven Beiträge nachkommen, welche sie zu einer allgemeinen Erkenntnistheorie zu liefern im Stande sind. Diese Anschauung schien mir für das Geistesleben der Gegenwart wichtig genug, um sie geradezu zur Einleitung meiner Darstellung zu machen. Ich hoffte dadurch am leichtesten auch Fernstehendere in das Interesse für die Probleme einzuführen, welche mich bei Abfassung der vorliegenden Schrift beseelten.

Wenn es noch nöthig ist, den Inhalt meiner Schrift nach einer Richtung zu charakterisiren, so wäre zu sagen, dass man darin vergeblich nach materialistischen Auffassungen und Betrachtungen suchen wird. Es ist ja bekannt, dass man mit Vorliebe eine allzu materialistische Auffassung der Dinge Naturforschern nachsagt, und dass man unter dieser stillschweigenden Voraussetzung Naturforschern gar zu gerne die Fähigkeit abspricht, die Rolle schöpferischer Persönlichkeiten im Leben und in der Geschichte würdigen zu können. So berechtigt bis zu einem gewissen Grade innerhalb der Naturwissenschaften der Materialismus war und noch ist, so hat es doch wohl keine Zeit gegeben, in der z. B. die physikalische Forschung eine derartig starke Tendenz aufweist, sich vom Materialismus loszumachen, wie die gegenwärtige. Die wahre Naturwissenschaft ist weder materialistisch noch idealistisch, sie huldigt keinem monistischen philosophischen System, sie ist und darf nichts anderes sein als die Wissenschaft von der Natur.

Was endlich die Form der Veröffentlichung betrifft, so schien es mir das sachgemässeste, die Vortragsform bei-

zubehalten. Diese dürfte für erkenntnistheoretische Studien besonders geeignet sein, denn es liegt wohl im Begriff der Erkenntnistheorie, dass sie ein festes starres System nicht verträgt; sie bietet mehr Anregung, die Dinge unter gewissen Formen zu betrachten, als dass sie behaupten will, dass diese Formen ausnahmslose Gültigkeit für sich beanspruchen sollen.

Anhangsweise habe ich einige lose Erörterungen aufgenommen, die sich in das Gefüge der Vorträge nicht ohne Zwang hätten einordnen lassen, und über welche ich mich auszusprechen das Bedürfnis hatte.

Königsberg i./Pr., April 1896.

P. Volkmann.

Inhaltsverzeichnis.

Erster Vortrag.

Einleitende Bemerkungen.

Zweiter Vortrag.

Vergleichende Betrachtungen.

Dritter und vierter Vortrag.

Induction und Deduction.

Fünfter und sechster Vortrag.

Isolation und Superposition.

Siebenter Vortrag.

Einführung des Begriffs der Grössenordnung.

Achter und neunter Vortrag.

Beziehungen zum Geistesleben der Gegenwart.

Ergänzungen und Zusätze.

Erster Vortrag.

Einleitende Bemerkungen.

Ueber Höhe und Verschiedenheit des Standpunktes im Allgemeinen und den Naturwissenschaften gegenüber im Besonderen. Die Bedeutung der Naturwissenschaften für das Geistesleben der Gegenwart. Wichtigkeit der Geschichte für Beurtheilung der Fragen des Geisteslebens.

Das Geistesleben des classischen Alterthums und sein Problem, das Gesammtwissen harmonisch zum Ausdruck zu bringen. Die Bildungsaufgaben des Alterthums verglichen mit denen der Gegenwart. Rückblick auf das Geistesleben dieses Jahrhunderts. Der Kampf der absoluten Philosophie mit den Naturwissenschaften; die Entfremdung der historisch-philologischen Wissenschaften auf der einen Seite und der Naturwissenschaften auf der anderen Seite ein Rückstand dieses Kampfes.

Die Naturwissenschaften sind ebenso Geisteswissenschaften, wie die historisch-philologischen Wissenschaften. Die Naturwissenschaften sind mehr productive, die historisch-philologischen Wissenschaften sind mehr reproductive Wissenschaften. Die Naturwissenschaften sind treibende Kräfte im Geistesleben der Gegenwart, sie sind es erst heute, weil sie erst heute in das reifere Mannesalter eingetreten, weil sie bisher mit ihrer eigenen Entwicklung genug zu thun hatten. Erst jetzt haben die Naturwissenschaften eine Geschichte hinter sich, und die dadurch gewonnene innere Reife befähigt sie, ihre tieferen Beziehungen zum Geistesleben der Gegenwart aufzudecken.

Allgemeine Bemerkungen über Bildung und Wissen, über Logik und Erkenntnistheorie.

Ich will in diesen Vorträgen eine in gewisser Weise eigenartige Aufgabe behandeln. Ich will den Versuch machen, mich in anderer Weise den Dingen gegenüber zu stellen, die den Gegenstand der Naturwissenschaften ausmachen, als man sich ihnen gewöhnlich gegenüber zu stellen pflegt. Wir wollen selbstverständlich dem eigentlichen Inhalt der Naturwissenschaften

unser Interesse entgegenbringen, und ich werde wiederholt Gelegenheit nehmen mich bei naturwissenschaftlichen Gegenständen aufzuhalten und von Ergebnissen der Naturwissenschaften Rechenschaft abzulegen und zu berichten. Ich werde nach dieser Richtung keine besonderen Voraussetzungen machen.

Aber unser Interesse soll noch weiter gehen, es soll nicht stehen bleiben bei dem Inhalt, der in populär-naturwissenschaftlichen Vorträgen dargeboten zu werden pflegt. Wir wollen den Versuch machen, naturwissenschaftlichen Gegenständen eine andere Seite abzugewinnen, ihnen gegenüber, wenn der Ausdruck erlaubt ist, einen höheren Standpunkt einzunehmen.

Sie merken, dass ich mit einer gewissen Vorsicht die Höhe unseres Standpunktes einzuführen mich anschicke. Es giebt verschiedene Höhen, und wir wollen gleich lieber früher als zu spät der Frage näher treten, wie hoch denn unser Standpunkt gelegen sein soll. Wollen wir uns — bildlich gesprochen — begnügen mit einer kleinen Anhöhe, die eine Umschau über die nächste Umgebung gestattet, wollen wir einen von Menschenhand gebauten Thurm besteigen, wollen wir einen hohen Berg dazu wählen, der in die Wolken ragt, oben mit eisigen Gefilden bedeckt, dem waghalsigen Wanderer bei dem geringsten Fehltritt Absturz und Verderben verheissend, oder wollen wir gar wie Ikarus einst mit kunstvoll verfertigten Flügeln uns ganz von dem Erdboden entfernen und vergessen?

„Ach! zu des Geistes Flügeln wird so leicht
Kein körperlicher Flügel sich gesellen.“

Schon indem ich solche Fragen aufwerfe, wie hoch wir unseren Standpunkt wählen wollen, leite ich Ihre Aufmerksamkeit auf Anschauungen und Auffassungen, die uns mit beschäftigen werden, und zu denen fortschreitende naturwissenschaftliche Erkenntnis geführt hat. Solche Fragen waren dem Alterthum und früheren Jahrhunderten trotz des tiefsinnigen Mythus von Dädalus und Ikarus im Allgemeinen fremd. Natürlich wählen wir uns — das wäre früher die Antwort gewesen, und das war auch noch die Antwort einer himmel-

stürmenden Philosophie in der ersten Hälfte dieses Jahrhunderts — den höchsten Standpunkt, je höher um so besser!

Nein, wir halten es mit den Worten einer anderen durch ihr Alter geheiligten Ueberlieferung: „Wer hoch steht, der sehe zu, dass er nicht falle.“ Wir wollen unseren Standpunkt so wählen, dass wir vor Allem festen sichern Boden unter den Füssen behalten; wir wollen überhaupt weniger auf die Höhe des Standpunkts achten, wir wollen zusehen, ob es vielleicht gelingt, dieselbe Landschaft von verschiedenen Seiten aus zu überblicken.

Indem ich mich so in einer Ihnen wohlbekannten Bildersprache bewegt habe, bin ich zu einem Bilde gekommen, das ich Ihnen schon hier bei unseren einleitenden Betrachtungen nicht genug empfehlen kann. Die Alltäglichkeit des Lebens hat uns daran gewöhnt in der Regel von jedem Dinge nur immer *eine* Seite zu sehen und zu beachten. Es genügt in der Regel der blosse Name einer Sache oder auch einer Person, um ganz bestimmte Vorstellungen nach einer Seite hin zu erwecken. Bei Dingen und Personen, die selbst alltäglich sind, mag ja dieser Standpunkt auch ganz gerechtfertigt sein. Die Betrachtungen, zu denen ich einlade, sollen und wollen keine alltäglichen sein, wir wollen uns über den alltäglichen Standpunkt erheben, und eine erste Forderung dieses etwas höheren Standpunkts, den ich nicht genug zur Annahme empfehlen kann, ist daher denn auch diese, sich zu gewöhnen, alle bedeutenden Dinge von den verschiedensten Seiten anzusehen, unbekannte Dinge lieber für bedeutend als unbedeutend zu halten, oder doch wenigstens über solche mit Urtheil und Meinung zunächst zurückzuhalten.

Es ist nicht der geringste Vorzug einer Beschäftigung mit der Natur und den Naturwissenschaften auf einen solchen über die Alltäglichkeit erhebenden Standpunkt nicht nur hingewiesen, nein, hingedrängt zu werden. Und doch, wie gerne stellt man sich der Natur und damit auch den Naturwissenschaften in der einseitigsten, oft banausischsten Weise gegenüber.

1*

Für den einen ist die Natur, um mit der angenehmsten Seite zu beginnen, ein Reich voll des ästhetischen Genusses, wie gerne suchen wir unsere Erholung in der freien Natur, auf Reisen, wie verständlich spricht der Dichter zu jedem Menschenherzen, wenn er die Natur besingt.

Für den anderen — das ist der Gegensatz — ist die Natur ein Mittel, allerlei technische Kunststücke fertig zu bringen. Es ist besonders der Laie, auf welchen die grossen Errungenschaften der Technik einen derartigen Eindruck machen, dass er schliesslich Alles für erreichbar hält, dass er glaubt, der blosse Gedanke an eine Erfindung genügt auch schon die Möglichkeit einer solchen nachgewiesen zu haben.

Für den dritten ist diese technische Seite der Naturwissenschaft gar eher ein Tadel als eine Empfehlung, er sieht in ihr die untergeordnete Dienstmagd, betrachtet sie unter Umständen sogar als ein nothwendiges Uebel.

Für den Naturforscher wieder ist, unbekümmert um alle Technik, um allen Nutzen und Nebenzweck, die Natur die unerschöpfliche Quelle der Forschung, den natürlichen Verlauf der Dinge, die Gesetze der Natur, ihre Kräfte und Wandlungen zu studiren.

Und für uns, die wir an diesen letzten Standpunkt allenthalben anknüpfen, soll die Natur, die Naturwissenschaft eine Quelle besonderer Art abgeben, wir wollen unsere Aufmerksamkeit dahin richten, wie die Erkenntnis der Natur zu Stande kommt, in welchen Formen sie sich bewegt. Der Inhalt der Naturwissenschaften ist uns mehr Mittel als Zweck; unser Interesse geht der Frage zu, wie ein so imposanter Bau, wie der Bau der Naturwissenschaften aufgeführt werden kann.

Haben wir aber erst solche Fragen beantwortet, dann geht unser Interesse weiter, dann erheben sich höhere Fragen, ob diese Erkenntnisformen nicht auch über die Naturwissenschaft hinaus ihre Bedeutung haben, ob sie nicht geeignet erscheinen tief in das Geistesleben der Gegenwart einzugreifen und einzuschneiden. Damit bin ich auf den Ausdruck gekommen, der in der Ankündigung meiner Vorträge eine Rolle

spielt: Geistesleben der Gegenwart. Was ist das Geistesleben der Gegenwart, worin besteht es, welches sind seine Elemente? Das sind die Fragen, welche ich Ihnen gleich hier verständlich zu machen haben werde.

Wir gewinnen ein Verständnis für solche Fragen auf Grund geschichtlicher Rückblicke. Ich möchte schon hier auf dieses ausserordentlich wichtige Hülfsmittel aufmerksam machen, dessen wir uns in unseren Vorträgen noch wiederholt bedienen werden. Es ist ein ungemein sicherer Boden, auf dem wir uns überall da befinden, wo wir geschichtlich zurückblicken können. Geschichtlich gereifte Erscheinungen und Entwickelungen stehen gegenüber Speculationen a priori — das sind reine Gedankengebilde, die sich etwas darauf zu Gute halten ohne Rücksicht auf Erfahrung und Geschichte durch reines Denken auf Fragen Antwort geben zu wollen, überhaupt Fortschritte der Erkenntnis und der Wissenschaft herbeiführen zu wollen, die nun einmal ihrem Inhalt nach in der Wirklichkeit ihre Wurzel haben, also auch ein tiefes ernstes Studium der Wirklichkeit zur Voraussetzung haben.

Wenn wir also die Frage aufwerfen: Was hat es mit dem Geistesleben der Gegenwart auf sich, dann werden wir gut thun, zunächst solche Fragen zu berühren, wie die: Was war es mit dem Geistesleben des Alterthums, mit dem Geistesleben in der ersten Hälfte dieses Jahrhunderts? und erst dann die Frage zu stellen: Was ist es jetzt mit dem Geistesleben am Ende dieses Jahrhunderts?

Das Gesammtwissen des Alterthums war, verglichen mit dem Gesammtwissen unserer Gegenwart, ein verhältnismässig geringes, und so konnte denn auch die Aufgabe, die wir dem Alterthum mit Vorliebe zu entnehmen pflegen „das Gesammtwissen harmonisch zum Ausdruck zu bringen“ verhältnismässig leicht erreicht werden. Es wurde dieses Ideal einer Bildung erreicht auf Grund einer im Grossen und Ganzen künstlerischen, ästhetischen Anschauung, bei der, was man das Menschliche zu nennen pflegt, in des Wortes bester Bedeutung in vieler

Beziehung zu seinem Rechte kam; aber es konnte auch wieder nur erreicht werden bei einer durchaus ungenügenden Kenntnis und Rücksichtnahme auf die Wirklichkeit, welche wir die Natur nennen. Das Problem der allgemeinen Bildung war verhältnismässig ebenso leicht aufgestellt, wie gelöst. Aristoteles war es, der thatsächlich das Gesammtwissen griechischer Bildung umfasste, den man typisch für alle Zeiten als Repräsentanten einer Bildung hingestellt hat, die vorbildlich für alle Zeiten als solche dienen könnte.

Indem ich diese Vorbildlichkeit des classischen Alterthums für uns und für unsere Bildung zugestehe, kann ich sie doch nur bedingt zugestehen. Für die Bedingungen, unter denen das Alterthum lebte und leben musste oder auch leben konnte, war jedenfalls die Aufgabe, das Geistesleben des Alterthums harmonisch zum Ausdruck zu bringen, gelöst. Aber nun wurde in der Folge und noch in diesem Jahrhundert der Fehler gemacht, das Bedingte bedingungslos hinzunehmen. Doch so ist der Mensch und darin besteht sein grösster Irrthum, dass er die Bedingungen vergisst, unter denen ihm etwas gegeben ist.

Die Bedingungen der Gegenwart sind andere, als die des Alterthums, und so wird denn auch die Aufgabe das Geistesleben der Gegenwart zu beherrschen, eine andere und vor Allem auch ihre Lösung. Das Alterthum kann uns höchstens ein Vorbild, also doch nur ein Bild sein, wie wir etwa der Lösung, welche uns das Geistesleben der Gegenwart stellt, zustreben sollen. Aber aus diesem Bilde hat man fremdartige Dinge gemacht. Das Alterthum sollte für alle Zeiten die Aufgabe gelöst haben. Jedwede Beschäftigung mit dem classischen Alterthum sollte den Schlüssel zur Problemstellung und der Lösung der allgemeinen Bildungsfrage für alle Zeiten enthalten. Eine besondere Rolle spielte bei diesen Bildungsfragen das Studium der alten Sprachen, welches in vielen Fällen so stark die Aufmerksamkeit und das Interesse in Anspruch nahm, dass der geistige Inhalt des Alterthums zu kurz kam. Auch kann man nicht sagen, dass die Verwerthung der alten Sprachen zu

Zwecken der Erziehung und Bildung ein unmittelbares Analogon zu der Erziehung und Bildung im Alterthum fand, welche wir gewohnt sind harmonisch zu preisen und vorbildlich anzusehen.

Ich habe mir nur erlaubt hier über das Geistesleben des Alterthums und seine Würdigung einige allgemeinere Bemerkungen zu machen, um einen Anhaltspunkt für eine Würdigung des Geisteslebens der Gegenwart zu haben. Aber vielleicht habe ich dabei zu hoch gegriffen? Ich höre Stimmen, welche sagen, unsere Zeit stehe tief unter dem Geistesleben des Alterthums, es sei eine Zeit der Barbarei und des Banausenthums angebrochen. Unsere Zeit sei eine Zeit des Verfalls, wie sie die Geschichte der Menschheit auch schon früher durchgemacht, eine Zeit, die keine höheren Aufgaben ernstlich ins Auge fasse oder auch nur fassen könne, eine Zeit in der keine besonderen geistigen Interessen im Vordergrund stehen, — oder wo von geistigen Interessen die Rede ist, da sollen dieselben bekämpft oder untergraben werden.

Ich kann mich solchen ungünstigen Urtheilen über unsere Zeit nicht anschliessen. Wenn auch zuzugeben ist, dass es unserer Zeit zunächst noch nach mancher Seite an innerer Klarheit über ihre Aufgaben und ihre Lösung fehlen mag, so erkennt doch Jedermann an, dass Aufgaben da sind, und was unsere Zeit vor allen früheren Zeiten voraus hat, das ist ein Fleiss und eine Energie geistiger Thätigkeit, mit der Aufgaben gestellt und ihre Lösung erstrebt wird, die ihres Gleichen sucht. Die Entfaltung solchen Fleisses und solcher Energie, wie sie die Gegenwart aufweist, hat immer sittliche Kraft zur Voraussetzung, und solange diese vorhanden ist, darf uns nicht bange werden.

Entnehmen wir dem Alterthum die Aufgabe, das Gesammtwissen, das Geistesleben harmonisch zum Ausdruck zu bringen, dann werden wir zu berücksichtigen haben, dass sich diese Aufgabe für jede Epoche, für jedes Zeitalter immer von Neuem stellt; und wenn die Aufgabe zu einer Zeit gelöst erscheint, ist sie es darum nicht für folgende Zeiten. Durch die fort-

schreitende Entwicklung der Einzelwissenschaften werden immer neue Ideen in die Bildung und das Geistesleben hineingeworfen, und so drängen sich Aufgaben, welche das Leben stellt, immer von Neuem auf und harren unter dem Wechsel der Bedingungen ihrer Lösung.

Durch den Umfang des Gesammtwissens wird mit bedingt, dass sich das Hauptinteresse der Bildung den Factoren zuwendet, welche im Kampf stehen, dass andere Factoren, welche vielleicht früher im Vordergrund des Interesses standen, zurücktreten. Die Betrachtung jeder Epoche ist von diesem Standpunkt aus reizvoll, keine hat in gewissem Sinne vor der anderen etwas voraus, aber wir, die wir nun einmal in unsere Zeit gestellt sind, haben die Pflicht unsere Zeit in ihren Aufgaben zu erfassen. Den Wunsch auch nur zu hegen, unter den Bedingungen früherer Zeiten zu leben, wäre träumerisch, das Bestreben frühere Zeiten der Gegenwart gegenüber allzu sehr herabzusetzen, wäre anmaassend, aber der Versuch, die wirklich fördernden Tendenzen der Gegenwart in ihrer Tragweite aufzudecken, ist immer lehrreich. Situationen, zu denen die Entwicklung drängt, sollten nicht erst überraschend in das Bewusstsein treten, sie sollten bis zu einem gewissen Grade vorgeschaut werden, dann erst kommt das Leben zu seinem Recht, dann erst ist es eine Lust und Freude zu leben.

Das scheinen mir die leitenden Gesichtspunkte sein zu müssen, unter denen man das Geistesleben jedes Jahrhunderts zu betrachten hat, das sollen auch die Gesichtspunkte sein, unter denen wir einen Theil des Geisteslebens dieses Jahrhunderts betrachten wollen, unseres Zeitalters, das Werner von Siemens vor zehn Jahren das naturwissenschaftliche Zeitalter genannt hat. Die Wurzeln dieses naturwissenschaftlichen Zeitalters gehen auf die erste Hälfte des Jahrhunderts zurück; in jene Hälfte fielen die grundlegenden Entdeckungen, welche den Naturwissenschaften neues Leben und neue Bahnen eröffneten, jene Entdeckungen, deren Früchte wir nun schon seit einigen Jahrzehnten zu ernten begonnen haben.

Es war ein wunderbares Leben, das Geistesleben in der

ersten Hälfte dieses Jahrhunderts. Eine himmelstürmende Philosophie, welche Methoden und Grenzen, wie sie ihr ein naturwissenschaftlich durchbildeter Kant Ende des vorigen Jahrhunderts gegeben hatte, entbehren zu können glaubte, trat siegesbewusst und imponirend auf, suchte sich an die Spitze aller geistigen Bewegung zu stellen, und nur allzubereit wurde ihr von maassgebender Seite dieser Rang zuerkannt. Das, was wir heute unter einem ernsten Studium der Wirklichkeit und der Erfahrung verstehen, war dieser Philosophie unbekannt, das glaubte sie gar nicht nöthig zu haben; mit ihren Constructionen a priori glaubte diese Philosophie alle die schwere Arbeit, welcher sich heute die Naturwissenschaften unterziehen, nicht aufwenden zu dürfen; im Gegentheil, wo die Arbeit der Naturforscher etwas anders ergab, als es sich der Philosoph dachte, da sollte der Irrthum auf Seiten des Naturforschers liegen, das Denken der Philosophen sollte mit dem Sein identisch sein.

Wir wollen nicht ungerecht sein: diese philosophische Richtung, wie sie insbesondere an den Namen Hegel knüpfte, war für die Wissenschaften, welche man häufig als Geisteswissenschaften zu bezeichnen pflegt, für die historisch-philologischen Wissenschaften nicht ohne Anregung und Förderung. Diese Wissenschaften liegen nun einmal dem menschlichen Geiste bequemer, der menschliche Geist kann sich in diesen Wissenschaften leichter, ohne Anstrengung ergehen, diese Wissenschaften sind dem Menschen congenialer, wie man sich auch ausdrücken kann. Aber der Naturwissenschaft konnte diese Geistesrichtung kein Leben zuführen, im Gegentheil, dem damals kleinen aber auserwählten Kreise deutscher Naturforscher konnte nur Feindschaft erblühen.

Die Art der Beschäftigung mit der Erfahrung, wie sie nun einmal der Naturwissenschaft charakteristisch ist, die Werthschätzung von Experiment und Beobachtung und ihre künstlerische Ausübung wurde als eine in jeder Beziehung inferiore Thätigkeit angesehen, eines so hohen menschlichen Geistes, wie ihn die damalige Philosophie zur Voraussetzung nahm,

unwürdig. Wir können wohl heute verstehen, dass der Naturforscher damals keinen leichten Stand hatte. Die Naturwissenschaften liegen nun einmal dem menschlichen Geiste unbequemer, als die historisch-philologischen Wissenschaften, hier kann nur mit Anstrengung, ja Entsagung etwas erreicht werden, die Naturwissenschaften sind, wie ich mich ausdrücken möchte, dem Menschen weniger congenial. Wo hätte da bei der Grundverschiedenheit der Voraussetzungen ein Verständnis des Philosophen für die Arbeit des Naturforschers herkommen sollen?

Die weitere Entwicklung um die Mitte dieses Jahrhunderts hat in diesem Geisterkampf die Entscheidung gebracht. Die Philosophie verstieg sich Schritt für Schritt zu Behauptungen, welche die fortschreitende Naturwissenschaft als Irrthümer und Fehler aufdecken konnte. Die Naturwissenschaften wieder machten nach ihrer vielgeschmähten Methode Schritt für Schritt Entdeckungen, deren Tragweite zunächst allerdings nur der Fachmann einigermaassen übersehen konnte, die dann aber bald früher, als es der Fachmann zu ahnen gewagt, durch die enormen Fortschritte der Technik in das Bewusstsein des Laien traten.

Das Resultat war auf der einen Seite ein vollständiges Aufgeben der Wege, welche die Philosophie in der ersten Hälfte dieses Jahrhunderts gewandelt, war der Ruf wieder auf Kant zurückzugehen und wieder mit Kant anzufangen. Das Resultat war auf der anderen Seite ein vollständiger Sieg der Naturwissenschaften und ihrer Methode. Wenn es gestattet ist im Bilde zu reden, von Kampf, von Sieger und Besiegtem, so kann man vielleicht sagen, dem Besiegten ging es zu schlecht, der Sieger wurde vielleicht hie und da übermüthig. Nebenbei spielten die Wissenschaften, die der Philosophie der ersten Hälfte des Jahrhunderts soviel Anregung und Förderung verdankten, die historisch-philologischen Wissenschaften zunächst als neutrale Mächte eine besondere Rolle. Ihnen kam der Umschwung der Dinge nicht gleich zum Bewusstsein, waren sie in dem Kampf doch gar nicht die treibenden Kräfte ge-

wesen, sie mussten sich plötzlich bis zu einem gewissen Grade isolirt und darum unbehaglich fühlen, und so glaubten sie sich verpflichtet und berufen das Erbe des Kampfes anzutreten, welcher jetzt nur noch in einer Negation der culturellen Bedeutung der Naturwissenschaften bestehen konnte.

In der That, überblickt man heute das Geistesleben und die Bildungsfragen, welche die Gegenwart bewegen, dann stehen sich zwei Gruppen gegenüber, die eine knüpft an historisch-philologische, die andere an naturwissenschaftliche Interessen. Im Sinne des Bildungsproblems des Alterthums muss es als eine der Aufgaben der Gegenwart bezeichnet werden, auf ein gedeihliches Zusammenwirken dieser Factoren hinzuarbeiten, die harmonische Fortentwicklung unseres Geschlechts, die Zukunft fordert es.

Wenn ich mich den Worten einer Adresse der Berliner Akademie aus dem Jahre 1893 anschliessen darf: „Beide Kreise verstehen sich gegenwärtig kaum in Bezug auf die Interessen ihres Denkens und Strebens“. Der Zwiespalt macht sich fühlbar in Lehrkörperschaften, in denen eine Mischung der beiden innerlich vielleicht unverstanden gegenüberstehenden Elemente vorliegt; er wird hier getragen auf dem Grunde der Achtung, welche man sich Angesichts eines gedeihlichen Zusammenwirkens entgegenzubringen angewiesen ist. Aber wo es an einem derartigen Zwange gegenseitiger Ehrerbietung fehlt, da macht man sich die Entscheidung leicht, man straft wohl die entgegenstehenden Interessen mit Verachtung, man findet sich vielleicht äusserlich damit ab, man sucht nicht das Problem, man geht ihm aus dem Wege.

Wenn einer Körperschaft die Rolle zufallen kann, das Problem aufzusuchen und zu lösen, dann werden es in erster Linie unsere Universitäten sein, und nur insofern ich die Ehre habe einer Universität anzugehören, habe ich es gewagt, mit meinem Thema vor Sie zu treten, den Versuch zu machen, Sie für dasselbe zu interessiren, Ihnen einen Beitrag zur Lösung des Problems der gegenwärtigen Bildung zu liefern.

Soweit ich die Dinge ansehe, befinden wir uns gegenwärtig am Ende des Nachklangs jenes philosophischen Kampfes. Ich kann ihn nur als aus einem Misverständnis hervorgegangen ansehen.

Die historisch-philologischen Wissenschaften waren die treibenden Kräfte in jenem philosophischen Kampfe nicht, und sie werden auch nach der Natur ihres Gegenstandes so leicht für das Geistesleben keine treibenden Kräfte sein, einen so werthvollen Bestand sie innerhalb desselben ausmachen. Sie werden die Rolle treibender Kräfte übernehmen nach Zeiten des Verfalls, in denen Ideale fehlen oder verloren gegangen sind, in denen es gilt wieder Ideale zu gewinnen und in denen man in Ermanglung andrer Ideale dieselben einer glänzenden Vergangenheit entnimmt, an der man hofft sich aufrichten zu können. Diese Rolle haben die historisch-philologischen Wissenschaften gespielt zu Zeiten des Humanismus und der Renaissance. Sie sind und bleiben den gegenwärtig productiven Naturwissenschaften gegenüber der Natur ihres Gegenstandes entsprechend — wenn der Ausdruck erlaubt ist — doch immer mehr reproductive Wissenschaften. Wollen wir also eine Aufdeckung jenes Misverständnisses, von dem ich sprach, von einer Seite heute erwarten, so werden wir es wohl nur von naturwissenschaftlicher Seite zu erwarten haben.

Man stellt die Naturwissenschaften so gerne den Geisteswissenschaften gegenüber. Will man damit nichts weiter als eine Bezeichnung schaffen, so ist dagegen nichts zu sagen; will man aber mit dieser Gegenüberstellung einen Begriff verbinden, so ist doch einzuwenden, dass der Natur der Sache nach durchaus kein Gegensatz besteht. Die Naturwissenschaft unserer Tage ist ebenso ein Geistesproduct der Menschheit, wie es die historisch-philologischen Wissenschaften sind, und die historisch-philologischen Wissenschaften werden sich zu einem Theil mit derselben Materie zu beschäftigen haben, mit der sich die Naturwissenschaft beschäftigt. Denken Sie an die Naturforscher des Alterthums, an einen Aristoteles, einen Plinius; denken Sie daran, dass vielleicht nach weiteren

tausend Jahren unsere ganze moderne Naturwissenschaft einen Theil der Wissenschaften ausmachen kann, die wir heute als historisch-philologische Wissenschaft bezeichnen.[1])

Also ein innerer Gegensatz zwischen den sogenannten Natur- und Geisteswissenschaften kann gar nicht existiren, und wo er zu existiren scheint, ist er wohl nur künstlich hineingetragen. Um jedes Misverständnis abzuschneiden, wird man die Bezeichnung Geisteswissenschaft besser aufzugeben haben.

Die Naturwissenschaften kann man in der That als die treibende Kraft im Geistesleben der Gegenwart bewusst und unbewusst ansehen. Die Elemente, welche die Naturwissenschaft dem Geistesleben in dieser Beziehung zuzuführen im Stande ist, sollen aufgedeckt werden, die Naturwissenschaft soll als Geisteswissenschaft dargethan werden.

Man kann die Frage aufwerfen, warum die Naturwissenschaft nicht schon früher auf diese Elemente hingewiesen hat, warum sie erst neuerdings darauf verfallen ist, diese Elemente aufzudecken und zu studiren. Auf diese Frage möchte ich folgende Antwort geben:

Den Naturwissenschaften wurde während dieses Jahrhunderts eine überaus glänzende und schnelle Entwicklung zu Theil, die Fruchtbarkeit der Ideen und die Tragweite der Erfolge musste selbst den Naturforscher überraschen, und bei aller Sorgfalt, mit der die Methode gehandhabt wurde, blieb keine Zeit übrig, über die Methode als solche zu reflectiren und den Versuch zu machen, sie dem Schatz der allgemeinen Bildung einzuverleiben. Die Freude am Schaffen war zu gross, sie stand im Vordergrund der eigenen Interessen, und darum — soweit überhaupt das Bedürfnis vorlag, sich an weitere Kreise zu wenden — der Drang, vor Allem die Schöpfungen als solche den Gebildeten der Nation zur Anschauung zu bringen.

Wenn wir aber schon innerhalb der Naturwissenschaften die Geschichte so mancher Ideen und Entdeckungen durch

1) Ich erinnere an die allumfassende Alterthumsforschung eines A. Boeckh.

die drei Marksteine charakterisiren können: Ablehnung, kühle Bewunderung, wirkliches Verständnis und freudige innere Aneignung, dann musste den Naturforscher ein aufmerksames Studium der einschlägigen Literatur lehren, dass der Philosoph und der interessirte Laie den Naturwissenschaften gegenüber doch immer erst den Standpunkt der kühlen Bewunderung erreicht hat, und dass bis zum inneren Verständnis noch ein weiter Weg sei.

Der Weg, den bisher Naturforscher meist eingeschlagen, interessirten Laien naturwissenschaftliche Anschauungen und Forschungen nahe zu bringen, konnte auch nicht mehr als kühle Bewunderung hervorrufen. Meister der Wissenschaft haben die Resultate der Naturforschung, soweit sie geeignet waren, allgemeines Interesse zu erregen, in populärer Form im edelsten Sinne des Wortes zur Darstellung gebracht; man hat die Freude an dem stetigen Fortschreiten der Naturerkenntnis auch weiteren Kreisen zur Anschauung gebracht und in ihrer Bedeutung für die Cultur der Menschheit aufgewiesen. Indem aber der Weg, auf welchem alles Grosse erreicht wurde, sich in der Regel einer populären Darstellung entzog, musste man auf die Forderung innerer Aneignung und wirklichen Verständnisses verzichten. Man hat mehr überrascht als belehrt, mehr zerstreut als gesammelt. Ein Theil der gebildeten Laien wurde gewonnen, aber der andere und vielleicht einer tieferen Belehrung fähigere Theil fühlte sich nicht befriedigt, es fehlte das Band mit dem Interessenkreise, der davon ausgeht, dass das eigentliche Studium des Menschengeschlechtes der Mensch sei, und der darum geneigt war, Alles, was dem Menschengeschlecht, wenn auch nur nebenbei, praktischen Nutzen gewähren konnte, nur von diesem Standpunkt und daher als inferior anzusehen.

Scheint die bisherige Art der Popularisirung der Naturwissenschaften, so gehaltvoll sie sich oft selbst für den Sachverständigen gestaltete, für eine tiefere Verständigung der gegenüberstehenden Parteien wenig geeignet, so waren andere Bestrebungen, die auf Grund eines immerhin beschränkten

naturwissenschaftlichen Materials nach einem vorzeitigen Abschluss der Weltanschauung drängten, nur allzusehr dazu angethan, die Kluft, welche es doch nun einmal zu überbrücken galt, zu vertiefen; auf eine Verständigung mit der anderen Seite wurde dann naturgemäss von vornherein verzichtet; die Macht der Ideen und Thatsachen sollte der einen Seite zum Siege verhelfen, die andere Seite vernichten.

Wir können diesen Gedanken noch in anderer Form Ausdruck verleihen:

Den Naturwissenschaften mangelte bis dahin die Stufe der Entwicklung, in der sie heute berufen erscheinen, das Cultur- und Geistesleben in immer neuen Formen und in immer weiterem Umfang zu durchdringen und zu beleben. Hatte, wenn wir heute einen Rückblick werfen, das Eintreten der Naturwissenschaft in die Cultur eine gewisse Reife des Menschengeschlechts zur Voraussetzung, so musste zunächst den Naturwissenschaften im Kampf um die Bildung ein Mangel anhaften: sie konnten auf keine derartige Geschichte zurückblicken, wie die Wissenschaften, die man so oft und so gern den Naturwissenschaften gegenüber zu stellen pflegt. Die Naturwissenschaft war nun einmal die jüngere Schwester, darin lag Vorzug und Mangel zugleich.

Der Vergleich der Entwicklung der Wissenschaften mit der Entwicklung des Menschen weist nach mehr als einer Seite hin Berührungspunkte auf und kann zur Veranschaulichung herangezogen werden. Der Jüngling seiner noch stets wachsenden Kraft bewusst, glaubt der Erfahrung des reiferen Alters entrathen zu können; er beruft sich wohl auch auf Erfahrung, aber sein Leben war noch zu kurz, um zu wissen, was es heisst, sich auf Erfahrung berufen können. Diese Erfahrung des reiferen Alters aber ist es eben, welche in der Wissenschaft die Rückwirkung ihrer Geschichte zum Analogon hat.

Die Naturwissenschaft kann heute in der Mehrzahl ihrer Disciplinen auf eine Entwicklung zurückblicken, deren Geschichte darzustellen, ein Gegenstand voll des Reizes ist, und

nicht allein das: eine Geschichte der Naturwissenschaft hat ihre besondere Bedeutung, sie ist geeignet den Mangel abzustreifen, der ihr bis dahin den älteren Schwestern gegenüber noch anhaftete — mehr noch: sie enthält die Keime in sich den Maassstab abzugeben, auf Grund dessen ein wahrer Vergleich mit den anderen Bildungselementen der Gegenwart möglich erscheint.

Das scheinen mir die Gründe zu sein, weshalb die Naturwissenschaften nicht schon früher als Geisteswissenschaft aufgetreten, weshalb sie erst heute fähig erscheinen, eine Stellung im Geistesleben der Gegenwart einzunehmen, deren Bedeutung allgemein zum Bewusstsein zu bringen nur noch eine Frage der Zeit sein kann.

Und worin liegt diese Bedeutung? Sie liegt in den denkbar allgemeinsten Beiträgen, welche die Naturwissenschaften fähig sind, den Fragen menschlicher Bildung und menschlicher Erkenntnis zuzuführen.

Was ist Bildung, was ist Erkenntnis, wie kommt Bildung, wie kommt Erkenntnis zu Stande? Das sind die Fragen, die uns zu einem Theil in diesen Vorträgen beschäftigen werden, das sind die Fragen, für welche ein Verständnis anzubahnen, ich mich zum Schluss dieser einleitenden Bemerkungen noch anschicken möchte.

Der Begriff Bildung steht in einem gewissen Verhältnis zum Begriff Wissen und empfiehlt es sich daher beide Begriffe im Zusammenhange zu veranschaulichen. Soviel ist klar: Wissen ist Bildung noch nicht. Allerdings hat Bildung ein gewisses Quantum Wissen zur Voraussetzung und in sofern ist Wissen eine Macht, es ist eine um so grössere Macht, je grösser es ist. Aber an und für sich, ohne Begleiterscheinungen, ist Wissen todt, ist vor Allem Wissen Stückwerk und wird Stückwerk bei allem Fortschritt der Wissenschaft bleiben.

Bildung ist die Fähigkeit, aus dem an und für sich todten Wissensstoff Werke des Lebens und des Geistes gestalten zu können. Bildung ist etwas nie Abgeschlossenes, Fertiges,

sondern ein etwas sich stetig Abschliessendes, Vollendendes. Bildung ist die Fähigkeit, jede gegebene Situation in ihren Elementen richtig auffassen, und, wenn es sein muss, auf dieselbe selbst einwirken zu können. Bildung ist nicht wie das Wissen etwas Aufweisbares und daher Sichtbares, Gegebenes, es ist etwas Unsichtbares aber Wirksames und Wirkendes.

Ebenso wie ich die Begriffe Bildung und Wissen im Zusammenhang zu veranschaulichen für nothwendig halte, so auch die Begriffe Logik und Erkenntnistheorie. Logik ist bekanntlich die Lehre vom richtigen Schliessen, eine Lehre, die bereits von Aristoteles zu einem gewissen Abschluss gebracht ist. Es verhält sich mit der Logik in gewisser Beziehung ähnlich, wie mit der Grammatik der Muttersprache. Ebenso wie wir, ohne Grammatik zu treiben, die Muttersprache handhaben und zwar instinctmässig nach unserem Sprachgefühl, wenn es sein muss auch nach ästhetischen Rücksichten, so können wir auch unbewusst, ohne die Grundsätze der Logik zu kennen, ganz richtig schliessen.

Ich möchte mich auf den Standpunkt stellen, dass die praktische Handhabung der Logik ebenso allgemein sei, wie die praktische Handhabung der Muttersprache, dass man mit anderen Worten der Regeln, welche die Logik als die Kunst richtig zu schliessen aufstellt, ebenso wenig bedarf, um wirklich richtig zu schliessen, wie man der Grammatik bedarf, um seine Muttersprache richtig zu handhaben. Logik und Grammatik ist das Spätere; die Kunst richtig zu schliessen und richtig zu sprechen das Ursprüngliche. Einer, der vor jedem Schluss sich erst der logischen Grundsätze erinnern müsste, die er eventuell anzuwenden hätte, wird niemals ein grosser Denker werden; ebenso wie einer, der bei jedem Wort sich erst der Regeln der Grammatik erinnern müsste, niemals ein grosser Redner oder Schriftsteller werden wird. Logik und Grammatik sind etwas sehr Interessantes und Lehrreiches, aber sie sind es erst auf Grund eines gegebenes Stoffes, aus dem man die Regeln abstrahiren kann.

Descartes wirft einmal die Frage auf, welche Gabe

unter den Menschen am gerechtesten vertheilt sei, und er antwortet darauf: der Verstand; denn, fügt er erläuternd hinzu, jeder hält den auf ihn gerade gefallenen Antheil für völlig ausreichend, ja er fühlt sich verletzt, wenn diese Thatsache von einem seiner Mitmenschen in Zweifel gezogen wird. Ich möchte diese Aeusserung durchaus nicht für scherzhaft halten, wofür man sie auf den ersten Blick vielleicht halten könnte. Es giebt wirklich nur eine Logik, und sie wird von jedem Menschen bewusst oder unbewusst ganz richtig gehandhabt. Es ist nichts unzutreffender und es verräth nichts mehr den niedrigen Standpunkt einer Discussion, als wenn sich streitende Theile gegenseitig Mangel an Logik vorwerfen. Logik will nun einmal jeder sozusagen gepachtet haben, und er hat auch darin ganz recht, aber er hat nicht recht, wenn er diese Voraussetzung, welche er für sich in Anspruch nimmt, bei dem Gegner als nicht vorhanden oder vielleicht weniger ausgebildet in Ansatz bringt.

Wir können die besten Logiker sein, ohne deshalb auch nur einen Schritt in unserer Erkenntnis vorwärts zu kommen, und eben vielleicht gerade weil wir so gute Logiker sein wollen, hindert uns dies in unserer Erkenntnis, Fortschritte zu machen. Die Schwierigkeit einer Erkenntnis liegt gar nicht in der Schwierigkeit, richtig zu schliessen, sie liegt vielmehr in der Art und Weise, das wirklich geeignete Material herbeizuschaffen und zu sichten, liegt in der Handhabung des spröden Materials, an dem sich unsere gepriesene, so gerecht unter den Menschen vertheilte Logik zu bethätigen hat.

Die naturwissenschaftliche Arbeit geht, wie alle wissenschaftliche Arbeit, ähnlich wie die Arbeit an einem Kunstwerk vor sich. Ohne dass zunächst bestimmte Regeln vorliegen, wird dasselbe geschaffen. Das Genie schafft unmittelbar, intuitiv, halb unbewusst auf Grund einer inneren Anschauung. Nachher kommt der Kritiker und sucht den Werken des Genius gewisse Gesetze und Regeln abzulauschen, nach denen das Werk zu Stande gekommen ist.

So verfuhr ein Lessing den Werken bildender und

dramatischer Kunst gegenüber, so wollen auch wir den Werken der Naturwissenschaft gegenüber verfahren. Was der Kunstkritiker im Verhältnis zur Kunst ist, das soll unsere Erkenntnistheorie im Verhältnis zur Naturwissenschaft sein. Wir wollen den Versuch machen, naturwissenschaftlichen Entdeckungen in der Richtung nachzuspüren, um gewisse Anhaltspunkte zu gewinnen, wie naturwissenschaftliche Erkenntnis zu Stande kommt. Wir thun es in der Ueberzeugung, dass solche Untersuchungen dem allgemeinen Geistesleben nur zu Gute kommen können, und wir werden den Versuch machen, wenn wir einen gewissen erkenntnistheoretischen Boden auf Grund naturwissenschaftlicher Betrachtungen gefunden haben, Beziehungen unserer gewonnenen erkenntnistheoretischen Grundsätze zum Geistesleben der Gegenwart aufzudecken.

Zweiter Vortrag.

Vergleichende Betrachtungen.

Umschau unter den Naturwissenschaften nach ihren erkenntnistheoretischen Elementen: Physik, Chemie, Biologie.

Vergleichende Betrachtung der Rolle, welche der Begriff der kleinen und kleinsten Theile der Materie in den Naturwissenschaften spielt. Die Infinitesimalbetrachtung der Mathematik. Newton's Elementargesetz der Gravitation. Die Atomistik in der Chemie. Die Zellen und Bakterien in der Biologie.

Das Princip der Vergleichung. Andere Betrachtungen, welche die Natur von einem auf das Grosse gerichteten umfassenden Standpunkt ansehen. Satz von der Erhaltung der Kraft. Die Entwickelungsgeschichte der Biologie.

Die Physik ist gegenwärtig erkenntnistheoretisch von besonderer Wichtigkeit. Parallelen zwischen Entwickelungsgeschichte und Geschichte.

Halten wir nun unter den naturwissenschaftlichen Disciplinen Umschau, um gewisse Grundzüge aufdecken zu können, welche für unsere erkenntnistheoretischen Zwecke geeignet erscheinen möchten. Wir können passend die Gesammtheit der Naturwissenschaften in drei Gruppen theilen, in Physik, Chemie, Biologie. Es kann hier nicht meine Aufgabe sein diese Disciplinen gegeneinander scharf abzugrenzen, derart, dass wissenschaftlichen Anforderungen dabei genügt wird. Es wird hier genügen, Ihren Anschauungen einige Anhaltspunkte zur Orientirung zu gewähren.

Die Erscheinungen der Physik und Chemie erstrecken sich in erster Linie zunächst auf die todte Natur und ihre Eigenschaften, die Erscheinungen der Biologie auf die lebende Natur und ihre Eigenschaften, so rechnen wir zur Biologie

vor Allem die Zoologie, die Botanik, dann aber auch die gesammte Medicin, in erster Linie unter den medicinischen Disciplinen die Physiologie. In gewisser Beziehung kann man sagen, grenzen sich nach dem angegebenen Kriterium Physik und Chemie auf der einen Seite, Biologie auf der anderen Seite scharf ab — aber in anderer Beziehung auch wieder nicht. Die Gesetze der todten Natur, wie sie die Physik und Chemie studirt, herrschen auch in der Biologie, und es wird eine Hauptaufgabe des Biologen sein müssen, die bekannten Gesetze der Physik und Chemie auch in seiner Wissenschaft in ihren Aeusserungen und Wirkungen nachzuweisen. Aber der Biologe kommt damit nicht aus. Sei es, dass die physikalischen und chemischen Erscheinungen im organischen Leben in der verwickeltsten Weise sich durchdringen, so dass es oft nicht gelingt, sie im Einzelnen nachzuweisen; sei es, dass noch andere Gesetze als physikalische und chemische im lebenden Organismus zur Erscheinung treten: Thatsache ist, dass bis jetzt eine theilweise ganz andere Betrachtungsweise sich in der Biologie als zweckmässig erwies, um leitende Ideen zu finden, nach denen man das weite Gebiet der Erscheinungen ordnete und begrifflich beherrschte.

Sie werden mir soweit in meinen allgemeinen Betrachtungen gefolgt sein, aber nun halte ich es doch für wünschenswerth, die allgemeinen Betrachtungen zu unterbrechen und erst einiges specielle Material Ihnen zu unterbreiten. Ich werde mich Ihnen dann leichter verständlich machen können:

Betrachten wir die Rolle, welche der Begriff der kleinen oder sagen wir auch kleinsten Theile der Materie und ihrer Wirkungen in der Physik, in der Chemie und Biologie gespielt hat und noch spielt. Wir brauchen dabei auf das Alterthum nicht zurückzugehen: es ist ja wahr, das Alterthum hat auch seine Atomistik gehabt, aber das war doch nur eine reine Speculation. Der antiken Atomistik fehlt die innere Beziehung, die innere

Nöthigung, die für naturwissenschaftliche Anschauungen, d. h. für Anschauungen, die von den Erscheinungen der äusseren Natur Rechenschaft geben wollen, gefordert werden muss.

Der erste, der in wirklich wissenschaftlicher Weise den Grundsatz einführte, dass das Studium der Wirkung kleiner oder kleinster Theile der Materie das Verständnis für die Erscheinungen im Grossen erschliesse, war vor zweihundert Jahren der englische Naturforscher Newton, einer der grössten Geister, die überhaupt gelebt haben. Er that diesen Schritt für die Physik und was das weiter Grossartige war: Hand in Hand damit schuf er eine neue mathematische Disciplin, die sogenannte Infinitesimalrechnung. Unabhängig von ihm kam in Deutschland Leibniz auf dieselbe Rechnungsart. Diese Rechnungsart lehrte, welchen bedeutenden Vortheil auch die Mathematik z. B. die Geometrie aus dem Zurückgehen auf die kleinsten Theilchen ihrer Figuren ziehen kann.

Diese mathematische That ist zu wichtig, als dass ich nicht wenigstens den Versuch machen möchte, Ihnen davon eine Anschauung zu geben. Betrachten wir irgend welche Figuren auf der Ebene der Tafel, so werden Sie zugeben, dass Figuren, in denen nur gerade Linien vorkommen, einfacher sind, als Figuren mit irgend welchen krummen Linien. Auch ohne etwas von Geometrie zu verstehen, werden Sie sich die Vorstellung bilden können, dass es mit geradlinigen Figuren erheblich leichter zu rechnen sei als mit krummlinigen Figuren. Die Geometrie stellt sich darum geradezu die Aufgabe, das Rechnen mit krummlinigen Figuren auf das Rechnen mit geradlinigen Figuren zurückzuführen. Fragen Sie z. B. nach der Länge einer krummen Linie, so wird damit nach der geraden Linie gefragt, deren Länge mit der krummen Linie übereinstimmt.

Da giebt nun die Infinitesimalrechnung folgende Regel: Man denke sich die krumme Linie durch Punkte in eine beliebige Anzahl Theile getheilt und verbinde die Punkte durch gerade Linienstücke. Es wird dann die Summe der geraden Linienstücke um so genauer die Länge der krummen

Linie darstellen, je grösser die Anzahl der Theilpunkte war, je näher dieselben aneinander lagen, je kleiner also die einzelnen Theile gewählt waren.

Ein anderes Beispiel: Es handle sich darum, den Flächeninhalt einer krummlinigen Figur zu berechnen. Es ist bekannt, dass der Flächeninhalt eines Dreiecks gleich dem halben Product aus Grundlinie und Höhe ist. Ich zerlege von einem Punkt des Inneren den Flächeninhalt der krummlinigen Figur in eine beliebig grosse Anzahl Dreiecke. Es wird dann die Summe dieser Dreiecke um so genauer gleich dem Flächeninhalt der krummlinigen Figur sein, je grösser die Anzahl der Theildreiecke war, je kleiner also das einzelne Theildreieck ist.

Noch leichter wie mit Dreiecken rechnet sich mit Rechtecken und Quadraten. Der Flächeninhalt eines Rechtecks ist gleich dem Product aus Länge und Höhe, der Flächeninhalt eines Quadrats gleich dem Quadrat der Seite. Denken Sie sich auf einer Glasplatte ein geritztes Quadratnetz, ich lege ein solches auf eine auszumessende Fläche und zähle, wie viel Quadrate vollständig innerhalb der Fläche liegen. Je kleiner die Quadrate meines Netzes sind, desto genauer werde ich auf diesem Wege die Fläche ausmessen können z. B. in Quadratmillimetern.

Was ich so von dem Ausmessen von Flächenstücken gesagt habe, das können Sie sich auf Körperstücke räumlich übertragen denken. Sie können sich jeden Körper so in kleine Würfel zerlegt denken: je kleiner Sie die Würfel wählen, je grösser ist ihre Anzahl, je kleiner ist die Summe der auf der Oberfläche liegenden Würfel, durch welche insofern eine Unsicherheit in die Auszählung kommt, als man sie auf Grund einer schätzenden, ausgleichenden Anschauungsweise bald mitzählt, bald nicht mitzählt, um so genauer erhalten Sie durch Abzählung das Körperstück in Cubik-Millimetern oder Centimetern.

Nun zählt aber die Infinitesimalrechnung nicht, sie rechnet, sie giebt die Regeln, wie man durch Summation über solche

unzählige kleine Theile das richtige Resultat findet. Das sind eigenthümliche Summen: Summen aus unzähligen Gliedern, aber jedes Glied nur sehr klein. Summen aus unzähligen Gliedern im gewöhnlichen Leben wären unendlich gross, das liegt daran, dass die Theile der Summe im gewöhnlichen Leben endlich sind. Unsere infinitesimalen Summen haben zwar sehr viele, aber auch sehr kleine Theile und sind darum nicht unendlich.

Diese Betrachtung der unendlich kleinen Theile hat sich für die gesammte Physik als grundlegend erwiesen. Von unserer abstracten mathematischen Abschweifung wenden wir unseren Blick jetzt dem bestirnten Himmel über uns zu, denken an den ewigen Kreislauf der Planeten um die Sonne.

Es war wieder Newton, welcher den Nachweis geführt, dass dieselbe Kraft, welche die Planeten in ihren Bahnen erhält, den Fall der Körper zum Erdboden zu Stande bringt. Das ist eine wunderbare Erscheinung, der Fall der Körper; wir bilden uns auf Grund derselben die Vorstellung: der Körper werde von der Erde angezogen, etwa wie ein Magnet Eisenfeilspähne anzieht. Hindern wir den Fall dadurch, dass wir den Körper auf eine feste Unterlage stellen, so drückt der Körper mit seinem Gewicht auf die Unterlage, nehmen wir den Körper in die Hand, so fühlen wir die Anziehung zur Erde.

Diese Anziehung zur Erde ist ein besonderer Fall einer allgemeinen Eigenschaft der Materie — das aufgedeckt zu haben, war die physikalische That Newton's. Alle Materie zieht sich gegenseitig an, es ist so; wir müssen uns mit dieser Thatsache bescheiden und unsere Fragen nach dem warum zurückdrängen. Die Natur handelt nach ihren Grundsätzen, die es eben zu erforschen gilt; ob wir diese Grundsätze verstehen, ist wieder eine andere Frage; es ist schon sehr viel gewonnen, wenn wir sie kennen. Newton hat uns die Kenntnis dieses Grundsatzes, nach dem die Natur handelt, erschlossen. Sein Gravitationsgesetz, das ist dieser Grundsatz, lautet: Zwei

Massen ziehen sich im umgekehrten Verhältnis ihrer Quadrate der Entfernung, im direkten Verhältnis ihrer Massen an. Sie müssen sich, wenn Sie an Massen aus dem gewöhnlichen Leben denken z. B. an Kilogramme, diese Anziehung nicht gross vorstellen, aber sie ist da, wenn auch nur mit sehr feinen Messinstrumenten nachweisbar. Nehmen jedoch die Massen so kolossale Dimensionen an, wie sie unsere Erde hat, dann wächst auch diese Anziehung in's Grosse und ruft solche auffallende Erscheinungen hervor, wie wir sie in der Schwere der Körper und in ihrem Fall wahrnehmen.

Das Newton'sche Gesetz spricht von Entfernung. Eine Entfernung kann aber genau nur in Bezug auf zwei Punkte angegeben werden. Bringe ich zwei ausgedehnte Körper in Nachbarschaft, so kann ich nicht gut sagen, welches ihre Entfernung ist, ich kann mir jedesmal zwei Punkte der Körper auswählen, welche eine andere Entfernung haben. Sie erkennen, dieses berühmte Newton'sche Gesetz geht auch auf die kleinsten Theile der Materie zurück und giebt für diese die Grösse der Wirkung; es giebt, wie wir uns auch ausdrücken können, die Grösse der Elementarwirkung. Wollen wir die Wirkung zweier ausgedehnter Körper auf einander berechnen, dann müssen wir wieder jene infinitesimale Rechnung anwenden, die ich Ihnen geometrisch vorher veranschaulichte; wir denken uns für jedes Punktepaar die Elementarwirkung nach dem Newton'schen Gesetz hingeschrieben, dieselbe ist nach dem Mitgetheilten nur klein, aber nun bilden wir über alle diese sehr kleinen Elementarwirkungen die Summe. Indem wir die zahllose Menge möglicher Punktpaare durchlaufen, erhalten wir wieder einen endlichen Werth, die Gesammtwirkung der beiden ausgedehnten Körper aufeinander.

Das ist der Weg, auf dem es dem Astronomen, dem Physiker gelingt, für eine Mannigfaltigkeit von Erscheinungen das gemeinsame Band aufzudecken und damit einen wirklichen Einblick in diese Mannigfaltigkeit von Erscheinungen zu gewinnen: Das Zurückgehen auf die Wirkung kleinster Theile im Sinne der Infinitesimalrechnung, das Zurückgehen auf die

Elementarwirkungen. Es ist dieselbe Auffassung, dieselbe Rechnungsmethode, welche die Physik auf den Gebieten der Lehren von der Wärme, von der Elektricität, vom Licht gefördert hat: Aufstellung der Gesetze der Vorgänge für kleine Theile und Ableitung der Erscheinungen im Endlichen daraus, wie solche uns sichtbar vor Augen treten.

Es war im Grossen und Ganzen ein ähnlicher Gedanke, an den hundert Jahre später der Aufschwung der chemischen Wissenschaft anknüpfte, dass sichtbare Vorgänge und Erscheinungen ihre Aufklärung nur in Anschauungen finden könnten, die auf kleinste Theile der Materie zurückgehen. Ihnen werden die Grunderscheinungen der Chemie bekannt sein, dass z. B. zwei Stoffe Schwefel und Eisen in bestimmten Gewichtsverhältnissen gemischt und erwärmt einen neuen Körper ergeben, der ganz andere Eigenschaften aufweist, wie seine Elemente, der auch unter dem Mikroskop betrachtet, in Nichts erkennen lässt, dass er aus Schwefel und Eisen zusammengesetzt ist. Ihnen wird bekannt sein, dass der elektrische Strom fähig ist, angesäuertes Wasser in zwei gasförmige Bestandtheile zu zersetzen, in Wasserstoff und Sauerstoff, die im Groben betrachtet in Nichts ihre Verwandtschaft mit Wasser verrathen, wieder ganz andere Eigenschaften aufweisen — ganz abgesehen schon von dem Unterschied, dass Wasser flüssig, Wasserstoff und Sauerstoff gasförmig sind. Fängt man diese zersetzten Gase einzeln auf und misst ihre Volumina, dann findet man, dass bei der Zersetzung immer zwei Volumtheile Wasserstoff auf ein Volumtheil Sauerstoff kommen; die Gewichtstheile dieser Zersetzungsproducte des Wassers stehen sehr nahe im Verhältnis von 1:8.

Der erste Fall, die Vereinigung von Schwefel und Eisen zu Schwefeleisen, bildet ein Beispiel für das, was man in den chemischen Wissenschaften Synthese, der zweite Fall, die Zersetzung von Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff, bildet ein Beispiel für das, was man Analyse nennt; es sind, wie man sich ausdrücken kann, entgegengesetzte Operationen.

Diese Thatsachen haben zur atomistischen Anschauung von der Zusammensetzung der Materie geführt.[1]) Die Atomtheorie giebt in der That in sehr anschaulicher Weise Rechenschaft von allen hier einschlägigen Erscheinungen. Nach dieser Vorstellung ist die Materie nicht ins Unbegrenzte theilbar z. B. auch im Sinne der Infinitesimalrechnung nicht; die Theilung hat vielmehr eine letzte Grenze im Atom d. h. im Untheilbaren. Wir haben hier strenge zu unterscheiden zwischen thatsächlicher materieller und nur gedachter ideeller Theilbarkeit.

Die räumliche Ausdehnung eines Atoms liegt jedenfalls unterhalb der Grenze des sinnlich Wahrnehmbaren. Durch kein noch so starkes Mikroskop wird man ein Atom als solches sehen können. Die Mannigfaltigkeit der sichtbaren Materie kommt dadurch zu Stande, dass die Atome der einzelnen einfachen Stoffe, der chemischen Elemente sich in Complexen miteinander zu Molekülen verbinden. Aus solchen Molekülen ist die sichtbare Materie zusammengesetzt. Im Schwefeleisen befindet sich in einem Molekül ein Atom Schwefel und ein Atom Eisen, im Wasser in einem Molekül zwei Atome Wasserstoff, ein Atom Sauerstoff. Ebenso wie Sie sich die Atome räumlich voneinander getrennt zu denken haben, so auch die Moleküle. Sie können diese so entwickelte Anschauung wörtlich nehmen, Sie können sie auch bildlich symbolisch auffassen, wie man sagt, als Gleichnis. Diese letztere Auffassung gewinnt heute immer mehr an Boden.

Dieses Zurückgehen auf kleine und kleinste Theile, wie ich es Ihnen für die Physik und für die Chemie, allerdings für jedes Gebiet in eigener Art, auseinandergesetzt habe — ich komme auf die Unterschiede noch später zurück — und wie es sich als so ausserordentlich förderlich erwiesen hat, ist auch für die Biologie von eminenter Bedeutung geworden.

---

1) Die Atomistik der modernen Chemie wird auf Dalton zurückgeführt.

Ich denke einmal an die Rolle, welche schon in älteren Arbeiten die Zelle als kleinster Theil der organischen Welt spielt, ich denke vor Allem an die moderne Bakteriologie. Verglichen mit den Atomen der Chemiker sind diese kleinsten Elemente gross, sie liegen innerhalb der Grenzen der Leistungsfähigkeit des Mikroskops. Wenn es nichts destoweniger schwierig war die Bakterien zu sehen, dann lag es daran, dass die Bakterien farblos wie ihre Umgebung sich nicht von der Umgebung abhoben. Es war eines der grossen Verdienste unseres Landsmannes R. Koch Farbstoffe zu finden, welche sich den Bakterien und ihrer Umgebung gegenüber verschieden verhielten. Nun hoben sich die Bakterien sichtbar von ihrer Umgebung ab und traten in die mikroskopische Sinneswahrnehmung, zu der sie ihre sonst ausreichende Grösse noch nicht gebracht hatte. In solchen Organismen, eher pflanzlicher wie thierischer Herkunft, gelang es den Ausgangspunkt einer Reihe von Krankheiten aufzudecken und damit auch Fingerzeige zu geben, auf welche Weise man hoffen konnte, diese Geisseln des Menschengeschlechtes zu bekämpfen.

Indem ich hier dieses so moderne Gebiet berühre, ist es vielleicht gut uns auf unseren Standpunkt zu besinnen, unter dem wir diese Betrachtungen angestellt haben. Ihr Interesse hat, als Sie in der Zeitung von Koch's Entdeckungen und Arbeiten lasen, als Sie in der Gesellschaft darüber sich unterhielten, an anderen Fragen gehangen. Ist die Schwindsucht auf dem von Koch gewiesenen Wege, etwa durch das Tuberkulin heilbar, ist Behring's Diphtherie-Serum als Heilmittel empfehlenswerth, das waren die Fragen, welche mit Recht Ihr Interesse erregten. Unser Interesse, welches an einen erkenntnistheoretischen Standpunkt knüpft, hat eine andere Richtung. Gleichviel ob die vorgeschlagenen Mittel empfehlenswerth sind oder nicht, knüpft unser Interesse an die Thatsache, dass Tuberkulin und Diphtherie-Serum grosse Veränderungen im Organismus hervorrufen.

Wie bei den chemischen Reactionen — denken Sie an den Funken, der in das Pulverfass fällt — es sind jedenfalls kleine

Ursachen, aber grosse Wirkungen. Und diese grossen in die Augen fallenden Wirkungen würden dem Erkenntnistriebe des Menschen absolute Hindernisse bereitet haben, wenn der Mensch sich nicht entschlossen hätte, den Vorgängen im Kleinen nachzuspüren, die Welt an der Grenze des sinnlich Wahrnehmbaren, oder geradezu die Welt des Unsichtbaren aufzusuchen.

Das wäre eine solche Umschau unter den Naturwissenschaften, wie ich sie vielleicht noch bei anderen Gelegenheiten Ihnen vor Augen führen kann, und wie sie geeignet ist, den Blick zu erweitern, den Geist zu erheben. Es ist ein ungemein einfacher Gesichtspunkt, oder wie wir uns gelehrter auch ausdrücken können, ein ungemein einfaches erkenntnistheoretisches Princip, nach dem wir dabei verfahren haben. Wir haben nämlich nichts anderes gethan als verglichen. Wir sind dem erkenntnistheoretisch so bedeutsamen Princip der Vergleichung[1]) gefolgt. Ausgangspunkt war für uns die Betrachtung des „Kleinen" oder auch des „Sehr Kleinen", die Zerlegung des Endlichen, Sichtbaren in Theile, in Elemente.

Wir haben gesehen, dass die Erkenntnis der Wichtigkeit einer derartig elementaren Behandlung zuerst in der Mathematik und Physik sich Bahn gebrochen, dass sich diese Erkenntnis dann, wenn auch in anderen Formen und Aeusserungen in der Chemie und schliesslich in der Biologie durchgerungen. Wir werden auf die Verschiedenheit solcher Formen und Aeusserungen nach erkenntnistheoretischer Richtung noch später Gelegenheit haben zurückzukommen. Hier nur soviel, dass die Betrachtung des Kleinen in Chemie und Biologie keine infinitesimale ist — und darin liegt ein sehr grosser Unterschied für viele Fragen gegenüber der Mathematik und Physik.[2]) Die infinitesimale Betrachtung setzt unbegrenzte

---

1) E. Mach. Ueber das Princip der Vergleichung in der Physik. Allgemeiner Vortrag auf der deutschen Naturforscher-Versammlung 1894.

2) Wenn die Physik in vielen Fällen nur auf Volumelemente nicht auf Moleküle zurückgeht, so liegt darin für eine grosse Reihe von Behandlungen noch kein Gegensatz zur Atomistik.

Theilbarkeit voraus, ohne dass die Theile ihren Charakter ändern; die Theilungs-Betrachtung der Chemie und Biologie setzt eine in's Kleine nur begrenzte Theilbarkeit voraus bis zum Molekül, bis zur Zelle, bis zur Bakterie; eine weitere Theilbarkeit ändert vollständig den Charakter des Theilungsproductes. Ja schon, wenn wir bis zum Molekül gekommen sind, haben wir zu unterscheiden die eigentlichen Moleküle und den Raum zwischen ihnen.

Ich hoffe, Sie werden diesen Betrachtungen über das Kleine und Sehr Kleine gefolgt sein, um so mehr als ich ja an vieles Ihnen Bekannte anknüpfen konnte. Soweit ist heute auch schon naturwissenschaftliche Bildung in weitere Kreise gedrungen, dass man einsieht, dass das Studium des Kleinen, scheinbar Unbedeutenden von der grössten Wichtigkeit werden kann. Denken Sie an die explosionsartige Ausbreitung der Cholera-Epidemie in Hamburg vor wenigen Jahren, denken Sie daran, wie es gelang durch verhältnismässig liberal gehandhabte Maassnahmen, die immer nur nach ganz bestimmten Richtungen streng gehandhabt wurden, nach diesen aber auch streng, ja pedantisch gehandhabt werden mussten, eine Ausbreitung der Epidemie über Hamburg hinaus zu hindern; es bedeutete dies einen glänzenden Sieg deutscher Naturwissenschaft, welcher mit dem Namen Koch für alle Zeiten untrennbar verbunden sein wird.

Aber nun muss ich Sie davor warnen in dieser einen Seite, der Betrachtung des Kleinen, die Quintessenz aller Naturwissenschaft sehen zu wollen. Kein unrichtigeres Bild könnte ich Ihnen entwerfen. Das war ja überhaupt der Ausgangspunkt unserer Betrachtungen, alle Dinge von den verschiedensten Seiten aus ansehen zu wollen. Stellen wir dieser vergleichenden Betrachtung des Kleinen sozusagen die entgegengesetzte Betrachtung gegenüber, die des Grossen. Verzichten wir auf das Zurückgehen auf das Elementare. Sehen wir die Natur mit ganz anderem, mit weitem Blick an.

Lassen wir uns wieder von unserem Princip der Ver-

gleichung leiten, so können wir innerhalb der Physik und der Biologie bei aller Verschiedenheit doch wieder verwandte Richtungen der Forschung nach dieser Seite hin aufweisen. Ich meine die Forschungen, welche auf physikalischer Seite an das Gesetz von der Erhaltung der Kraft, das Princip der Energie, auf biologischer Seite an die Ergebnisse knüpfen, welche man unter dem Namen Entwickelung und Entwickelungsgeschichte zusammenzufassen pflegt. Im Unterschied von jenen Betrachtungen des Elementaren sind diese Betrachtungen des Zusammengesetzten, wie ich mich ausdrücken möchte, innerhalb der beiden Wissenschaften Physik und Biologie ziemlich gleichzeitig in der Mitte dieses Jahrhunderts in die Wissenschaft eingeführt.

Das Gesetz von der Erhaltung der Kraft wird mit Vorliebe zum Gegenstande populärer Darstellungen und Vorträge gewählt und in der That, es eignet sich auch sehr gut dazu. Ein Gewicht an einem Faden aufgehängt ist fähig, Arbeit zu leisten, unsere Pendeluhren werden in dieser Weise getrieben; aber wenn das Gewicht auf dem Fussboden aufschlägt, hört die Fähigkeit der Arbeitsleistung auf; die Uhr bleibt stehen. Die aufgewandte Arbeit ist darum aber nicht verloren gegangen, sie hat sich zu einem Theil z. B. bei der Reibung der Räder gegeneinander in Wärme umgesetzt. Umgekehrt können wir Wärme in Arbeit verwandeln, das ist der Standpunkt, von dem aus die Wirkung der Dampfmaschinen aufzufassen ist. Es ist ja richtig, und so hat man sich seit der Erfindung der Dampfmaschine bis auf die neuste Zeit ausgedrückt, die Expansionskraft des Dampfes schiebt den Kolben und dreht so das Rad der Maschine. Man kann die Sache von dieser Seite ansehen, man geht dabei bildlich ausgedrückt in's Elementare, aber dann entgeht einem gerade das Resultat, auf welches der Satz von der Erhaltung der Kraft den grössten Werth legt, dass es lediglich ein gewisses Quantum Wärme ist — sagen wir dem Kesselfeuer entnommen — welches sich in Arbeit umgesetzt hat. Bei der Dampfmaschine wird — wie Wissenschaft und Technik festgestellt

hat — Arbeit nicht gerade sehr rationell gewonnen. Nur ein kleiner Bruchtheil der aufgewandten Wärme wird in Arbeit umgesetzt, der andere Theil der Wärme wird nutzlos an die Umgebung zerstreut. Rationeller arbeitet die Elektricität, hier wird nur ein kleiner Theil der Kraft nutzlos verstreut, welcher sich in Wärme umgesetzt hat.

Es kann hier nicht meine Aufgabe sein, Ihre Bekanntschaft mit dem Gesetz von der Erhaltung der Kraft weiter zu führen. Unsere elektrischen Einrichtungen mit ihren Centralen, ihre Verwerthung zu Licht- und Arbeitsanlagen, ihre Verwendung zu dem Verkehrsmittel der elektrischen Bahnen reden heute eine ganz andere Sprache, als sie noch vor wenigen Jahren zur Verfügung stand. Mir kommt es ja hier auch nur darauf an, Ihnen eindringlich vor Augen zu führen, dass die Betrachtungen, welche das Gesetz von der Erhaltung der Kraft verwerthen, das Zurückgehen auf das Elementare eher vermeiden als aufsuchen. Darin liegt wohl auch der Grund, weshalb das Gesetz von der Erhaltung der Kraft in der Mitte dieses Jahrhunderts so schwer Anerkennung errang; das Zurückgehen auf elementare Wirkungen hatte soviel Erfolge aufzuweisen gehabt, dass eine andere Richtung sich nicht so leicht Bahn brechen konnte.

Ich möchte nun den Satz von der Erhaltung der Kraft in sofern in eine gewisse Parallele mit den Lehren der biologischen Wissenschaft stellen, als auch darin die Aufmerksamkeit auf zusammengesetzte Resultate gelenkt wird. Namen für solche zusammengesetzte Resultate werden Ihnen ja wohl bekannt sein. Denken Sie an die Begriffe, die man schon im gewöhnlichen Leben mit Vererbung, Anpassung, Kampf ums Dasein, Zuchtwahl verbindet. Man mag ja allerdings auch die Erklärung solcher Thatsachen versuchen und man wird z. B. bei dem Begriff der Vererbung an Aehnlichkeit der kleinsten Theile organischer Zellen denken — aber man denkt nur daran, ohne sie in den meisten Fällen nachweisen zu können. Die Hauptsache ist, man arbeitet mit allgemeinen Begriffen, deren Zweckmässigkeit allgemein zugegeben wird —

mit Begriffen, welche auf eine zusammengesetzte Lebenserscheinung Beziehung haben. Wie fruchtbar ist doch z. B. der Begriff Disposition, wie allgemein zugegeben ist seine Bedeutung, und wie wenig wird dabei und kann dabei immer auf das Elementare zurückgegangen werden.

Indem ich durch derartige erkenntnistheoretisch gemeinsame Züge, wie sie sich uns durch Vergleichung ergeben haben, das gesammte Gebiet der Naturwissenschaften gestreift, habe ich nun zu berichten, welche Disciplinen sich zu derartigen Betrachtungen, wie ich sie vorhabe, als besonders förderlich erwiesen haben.

Im Vordergrund steht für Aufgaben, wie wir sie vorhaben, unter den Naturwissenschaften die Physik. Die grundlegende Bedeutung der Physik für die Methodenlehre der Naturwissenschaften wird wohl allgemein zugegeben. Der competentesten Naturforscher einer, dessen Ausgangspunkt die Medicin war, Helmholtz[1]) sagt: „Die Physik macht unter den Naturwissenschaften die weitesten Verallgemeinerungen, erörtert den Sinn der Grundbegriffe und enthält die Principien wissenschaftlicher Methodik für alle Erfahrungswissenschaften."

Die Frage nach dem äusseren Werth der Physik für die Naturwissenschaften ist davon ganz unabhängig, hier handelt es sich um einen inneren Werth. Es soll hervorgehoben werden, dass der erkenntnistheoretische Trieb unter allen Naturwissenschaften seine stärkste Befriedigung in der Physik findet. Keine Naturwissenschaft erfreut sich in der Art durchgebildeter und exacter Theorieen, wie solche die Physik aufweist, keine Disciplin unter den Naturwissenschaften bleibt so wenig bei der Aufstellung des Thatbestandes stehen, keine Disciplin ist so sehr befähigt darüber hinauszugehen, wie die Physik. Der Zusammenhang der Thatsachen wird in einer

1) H. v. Helmholtz. Das Denken in der Medicin 1877. Vorträge und Reden 1884. II, S. 168.

Weise in der Physik auf ganz wenige Grundsätze zurückgeführt, dass diese Art im höchsten Maasse als vorbildlich hingestellt werden könnte.

Anders steht es um die erkenntnistheoretische Seite in der Chemie. Die Chemie scheint bei dem gegenwärtigen Standpunkt der Wissenschaft erkenntnistheoretisch unter den Naturwissenschaften die verhältnismässig geringste Ausbeute zu liefern. Aber ich bitte Sie das nicht miszuverstehen. Ich spreche hier nicht von dem Werth der Chemie im Besonderen; ich spreche hier von dem Werth dieser Wissenschaft für ganz besondere erkenntnistheoretische Zwecke. Und wenn mir zur Zeit die Chemie für diese Zwecke weniger geeignetes Material zu liefern scheint, dann kann sich das jeden Augenblick ändern. Wir müssen uns daran gewöhnen unsere naturwissenschaftlichen Anschauungen, Wünsche und Hoffnungen immer nur relativ, nicht absolut zu fassen.

Die Atomistik befriedigt ja allerdings in mancher Hinsicht; sie giebt eine Anschauung, ein Schema, wie man sich das Gesetz der einfachen multipeln Proportionen, nach dem die Verbindungen sich aus ihren elementaren Bestandtheilen zusammensetzen, vorzustellen hat, und damit kommen wir sehr weit, das befriedigt. Dann aber giebt es wieder andere Züge in der Chemie, wie die, dass eine chemische Verbindung ganz andere Eigenschaften aufweist, als ihre Elemente und das befriedigt nicht. Es fehlt hier, so scheint es, ein Zwischenglied in der Erkenntnis. Die Wissenschaft hält sich nicht lange dabei auf und kann sich nicht lange dabei aufhalten; sie hat mit diesem Thatbestande einfach zu rechnen, um zur Erkenntnis weiterer Beziehungen fortzuschreiten. Wir können hier einen charakteristischen Zug für naturwissenschaftliche Erkenntnis berühren: Die höchste Befriedigung naturwissenschaftlicher Erkenntnis wäre erzielt, wenn sich die Disciplin unter einer ununterbrochenen Kette von Anschauungen verfolgen liesse; statt dessen ist uns nur eine unterbrochene Kette von Anschauungsgliedern beschieden. Es fehlt über so manche Kluft eine Brücke, wir können die Kluft zur Zeit nicht aus-

füllen, aber unsere Anschauung kann sich der jenseits der Kluft liegenden Gegend schon jetzt erfreuen, also jenseits der Kluft von Neuem einsetzen.

In diesem Sinne meine ich, dass uns in der Chemie der fundamentale Einblick in den Vorgang der Verbindung fehlt. Es befriedigt uns erkenntnistheoretisch nicht, dass die Eigenschaften der ursprünglichen Elemente vernichtet erscheinen. Ich wage den Vergleich zu ziehen, dass wir vielleicht eine ähnliche erkenntnistheoretische Unbefriedigung empfinden bei den Begriffen: Tod, Krieg, Vernichtung — auf die Gefahr hin den Geschmack zu verletzen.

In noch viel höherem Grade werden wir in der Biologie von solch unüberbrückten Klüften zu reden haben, wie in der Chemie; dazu kommt noch, dass die Resultate der Biologie an Sicherheit hinter der der Physik und Chemie zurückstehen. Wenn sich eine Wissenschaft auf Feststellung des Thatbestandes zum grossen Theil zu bescheiden hat, dann wäre doch wohl in erster Linie die Biologie hervorzuheben. Aber nun bietet sich weiter die Wahrnehmung dar, dass gewisse Grundbegriffe der Biologie unserem Geistesleben bedeutend näher stehen als z. B. die Begriffe der Physik und Chemie. Ich erinnere an die schon einmal hervorgehobenen Begriffe: Vererbung, Anpassung, Entwicklung, Kampf ums Dasein. Man braucht nicht Naturforscher zu sein, um sich diese Begriffe klar zu machen; sie liegen unserem Geistesleben zu nahe, als dass wir nicht mit einer gewissen Vertrautheit diesen Begriffen gegenüberständen.

Es ist eine bemerkenswerthe, aber psychologisch durchaus begreifliche Erscheinung, dass sich das allgemeine Interesse für Naturwissenschaften mit Vorliebe den Disciplinen zuwendet, welche die geringste begriffliche Anstrengung des Laien in Anspruch nehmen. Ich will damit nicht die begriffliche Kraft der forschenden Biologie unterschätzen, hier handelt es sich um das Maass einer solchen in dem Geist des aufnehmenden Laien. Der Laie scheut die Anstrengung, er will in ihm ab-

liegenden Gebieten lieber unterhalten als belehrt sein, oder wenigstens in Form einer Unterhaltung Belehrung finden. Diesem Bedürfnis entgegenzukommen ist die biologische Wissenschaft am ersten in der Lage, gleicht doch schon ihre rein wissenschaftliche Darstellung, von populärer ganz zu schweigen, einer Erzählung.

Hier nur noch eine Bemerkung: Die biologisch in mancher Beziehung sehr zweckmässige Bezeichnung „Entwicklung“ und „Entwicklungsgeschichte“ kann zu Misverständnissen Anlass geben. Man hat früher unterschieden zwischen den beschreibenden und erklärenden Naturwissenschaften. Zu den beschreibenden zählte man Zoologie, Botanik, Medicin — kurz die biologischen Wissenschaften, zu den erklärenden die Physik und Chemie. Was diese Unterscheidung bedeuten sollte, lag auf der Hand. Die erklärenden Wissenschaften sollten und wollten Rechenschaft ablegen von den Erscheinungen, die in ihr Gebiet fielen; sie wollten nicht nur berichten, dass diese Erscheinungen da sind, sie wollten diese Erscheinungen wirklich erklären, unser Erkenntnistrieb sollte in diesen Wissenschaften eine tiefere Befriedigung erhalten. Die beschreibenden Wissenschaften glaubten von vornherein auf einen derartigen tieferen Erkenntnisstandpunkt verzichten zu müssen, sie sollten und wollten sich von vornherein darauf bescheiden von Thatbeständen zu berichten.

Aber nun hat sich in unserer Zeit ein merkwürdiger Umschwung in diesem beiderseitigen Erkenntnisstandpunkt vollzogen[1]). Die früher erklärenden Naturwissenschaften mit ihren wesentlich einfacheren Erkenntnisobjecten sind mit fortschreitender Entwicklung zu dem Standpunkt gedrängt, dass unsere Erklärung auf den verhältnismässig noch einfachen

1) Man vergleiche hinsichtlich des Folgenden: L. Boltzmann, Der zweite Hauptsatz der mechanischen Wärmetheorie 1886. Almanach der Wiener Akademie 36 S. 231. — Ueber die Methoden der theoretischen Physik. Katalog mathematischer und mathematisch-physikalischer Modelle, Apparate und Instrumente. Herausg. von Dyck, München 1892 S. 92, 93.

Gebieten der Physik und Chemie doch streng genommen nichts anderes als eine Beschreibung ist, im günstigsten Fall eine Construction. Die früher beschreibenden Naturwissenschaften mit ihren wesentlich verwickelteren Erkenntnisobjecten, also sagen wir kurz die biologischen Wissenschaften, welche bis dahin wenig Veranlassung hatten, sich erkenntnistheoretischen Betrachtungen hinzugeben, glaubten sich die Vorstellung bilden zu dürfen, dass für sie die Stunde gekommen sei, in der sie auch erklärend auftreten könnten.

Es liegt mir durchaus fern, hier die Fruchtbarkeit der Lehre Darwin's für die biologische Forschung bestreiten zu wollen, aber die Anmaassung dürfte denn doch zurückzuweisen sein, mit welcher manche Jünger Darwin's auftreten, dass sie die Lebensformen und Lebenserscheinungen nicht blos beschreiben, sondern wirklich erklären wollen. Es muss ausdrücklich hier, wenn von Erkenntnistheorie die Rede sein soll, darauf hingewiesen werden, dass die biologischen Erklärungen der Darwin'schen Lehre im Wesentlichen nur eine Schilderung, eine Erzählung in mehr oder weniger historischem Sinn ist, wie es auch das Wort Entwicklungsgeschichte andeutet.

Sie sehen, wie solche Betrachtungen, wie wir sie anstellen, geeignet sind, überraschende Perspectiven zu eröffnen. Sie sind geeignet Berührungspunkte zwischen Wissenschaften aufzudecken, die man früher als in jeder Beziehung sich ausschliessend anzusehen gewöhnt war. Jetzt sind wir bei unserer vergleichenden Betrachtungsweise darauf geführt, eine naturwissenschaftliche Disciplin und die Geschichtswissenschaft in Parallele zu setzen. Darf ich noch einen Augenblick bei diesem Vergleich weilen?

Lassen Sie mich anknüpfen an einige Worte v. Sybel's, des grossen Historikers, den wir vor wenigen Monaten verloren; es sind Worte, die er der Erläuterung der „Gesetze des historischen Wissens“ voranschickt[1]): „Sobald die Absicht zu erzählen, die Absicht erzählend darzustellen, im Geiste vor-

1) v. Sybel. Gesetze des historischen Wissens. Bonn, 1864. S. 9.

handen ist, wirkt die persönliche Natur des Erzählenden mit gestaltender Kraft auf den Stoff ein. Die grösste Schärfe und Klarheit der Beobachtung giebt dagegen keinen Schutz; denn die richtig empfangenen Eindrücke werden in der Darstellung eben umgeformt. Die stärkste Liebe zur Wahrheit steht nicht im Wege: denn der Erzählende ist im Moment eben der Ueberzeugung, dass seine Ausarbeitung die rechte Wahrheit sei." Es ist derselbe Gedanke, den der junge v. Sybel nur wesentlich verstärkt in der Hauptthese seiner Promotion vom Jahre 1838 ausgesprochen: „Der Geschichtsschreiber soll mit Leidenschaft und persönlichem Antheil schreiben." — Eine Formulirung, die zuerst überrascht, ja zum Widerspruch herausfordert, dann aber bald mit ihrer feinen psychologischen Pointe als durchaus berechtigt erkannt wird.

Ich glaube nicht allzuweit fehl zu gehen, wenn ich sage, diese Ausführungen v. Sybel's könnten wörtlich auch auf eine ganze Reihe von biologischen Darstellungen aus der Entwicklungsgeschichte übertragen werden. Ich möchte damit zugleich die Gefahr andeuten, die in der vorschnellen Popularisirung biologischer Forschungen und ihrer Verwerthung zu Zwecken der Weltanschauung liegt.

Indem ich auf die grosse Aehnlichkeit hinweise, welche mir nach der angedeuteten Richtung zwischen Biologie und Geschichtswissenschaft zu bestehen scheint, will ich weder der Biologie noch der Geschichtswissenschaft zu nahe treten. In dieser Aehnlichkeit erblicke ich den Reiz der Biologie und ihren erkenntnistheoretischen Werth. Die Biologie, wie sie uns vor Allem in der Medicin und Zoologie aber auch sonst entgegentritt, hat sich mir zur Charakteristik naturwissenschaftlichen Denkens in hohem Grade geeignet erwiesen, geeigneter jedenfalls als die Chemie — und dies, trotzdem sie in der Sicherheit der Resultate soweit hinter der Chemie zurücksteht. Sie ist geeignet zu erweisen, wie naturwissenschaftliches Denken auch eines complicirteren Materials Herr werden kann; sie ist für alle verwickelten Verhältnisse von vorbildlichem Werth.

Dritter und vierter Vortrag.

Induction und Deduction.

Einleitende Bemerkungen über Induction und Deduction und das richtige Verhältnis beider. Ueberschätzung der einseitigen Deduction in der Geschichte und in der Menschheit überhaupt; ihre theilweise Erklärung durch den praktisch ganz berechtigten deductiven Betrieb des Unterrichts auf der Schule.

Beispiele wissenschaftlicher Inductionen: Die Geschichte der Erforschung der Planetenbewegung und ihre Krönung durch das Newton'sche Gravitationsgesetz. Die Geschichte des Satzes von der Erhaltung der Kraft (des Princips der Energie). Die Geschichte der Vorstellungen über die Natur und das Wesen des Lichts.

Das logische Verhältnis von Voraussetzung und Folge in der Mathematik und in den Naturwissenschaften. Innere Unterschiede zwischen Mathematik und Physik. Gesetz und Hypothese sind die Voraussetzungen des logischen Systems in den Naturwissenschaften. Das Gesetz ist der wahre Inhalt eines naturwissenschaftlichen Begriffs. Hypothesen sind Vorstellungen und Anschauungen, mit denen wir uns über die Ungenauigkeit unserer sinnlichen Anschauung erheben. Gesetz und Hypothesen sind unsere naturwissenschaftlich gereiften Ideen. Das Verhältnis von Thatsachen und Ideen. Bemerkungen über Analogie, Terminologie und Sprache.

Ich komme jetzt zu den Hauptgegenständen meiner Aufgabe, zur Behandlung der erkenntnistheoretischen Grundzüge der Naturwissenschaften. Ich werfe die Frage auf, worin die Eigenart naturwissenschaftlichen Denkens besteht, was das naturwissenschaftliche Denken als solches hervorragend charakterisirt.

Wir haben ja allerdings schon nach mancher Seite naturwissenschaftliches Denken charakterisirt; ich erinnere daran, wie naturwissenschaftliche Forschung die Aufmerksamkeit auf

die Erforschung des Kleinen an der Grenze des Sichtbaren, ja des Unsichtbaren mit grossen Erfolgen gelenkt hat. Aber die Betrachtungen, welche wir dabei anstellten, trugen doch einen mehr speciellen Charakter. Ich hob ja auch geradezu hervor, erschöpft würde die Erkenntnis der Natur keineswegs blos durch Betrachtung des Kleinen, der Elemente, auf welche etwa Alles zurückzuführen wäre. Nein, wir müssen in den Naturwissenschaften uns daran gewöhnen, die Natur beständig von den verschiedensten Seiten anzusehen, auch einmal mit weitem Blick.

Die Betrachtungen, zu denen ich jetzt einlade, sind durchaus allgemeiner Natur. Und eben weil sie so allgemein sind, das Grosse und Kleine umfassen, deshalb dürfen wir schon jetzt die Hoffnung aussprechen, dass diese Betrachtungen über die Naturwissenschaft hinaus ihre fördernde Bedeutung, z. B. für das Geistesleben der Gegenwart haben.

An erster Stelle werden wir hier die allgemeinen erkenntnistheoretischen Formen der Induction und Deduction zu besprechen haben, sind doch Anschauungen über Werth und Unwerth der inductiven Methode in gebildeten Kreisen allenthalben vorhanden, aber doch wohl nur zu häufig einer Klärung und Läuterung bedürftig.

Die Worte „Induction“ und „Deduction“, „Induciren“ und „Deduciren“ kommen aus dem Lateinischen. Induciren heisst hineinführen, hinaufführen. Deduciren heisst hinabführen. Die Vorstellung liegt zu Grunde, dass man einmal, beim Induciren den Strom hinaufgeht, um seine Quelle zu finden, dass man das andere Mal, beim Deduciren mit der Quelle anfängt, um dann den Strom hinunter zu gehen. Das ist nur ein Bild, welches Ihnen einen ersten Anhaltepunkt geben soll, wie Sie die beiden Begriffe Induction und Deduction zu fassen haben. Die tiefere Bedeutung dieser Begriffe kann sich Ihnen natürlich nur allmählich im Verlauf meiner Auseinandersetzungen erschliessen. Zunächst sind dazu vielleicht folgende Ausführungen geeignet, bei denen wir in kurzen Strichen, der Deutlichkeit wegen lieber etwas zu scharf als zu verschwommen, diese be-

kannten Formen der Deduction und Induction zeichnen, um eine vorläufige Grundlage zu gewinnen.

Die Deduction ist der Schluss von dem Allgemeinen auf das Besondere, die Induction der Schluss von dem Besonderen auf das Allgemeine. Die Deduction setzt eine gesicherte Grundlage voraus, von der aus geschlossen werden kann, die Induction enthält sich zunächst einer bestimmten Grundanschauung, sie will dieselbe erst finden. Wenn der Deduction eine solche gesicherte Grundlage fehlt, dann kann der folgerichtigste, sauberste Schluss die Grundlage um kein Haar breit sicherer machen. Wenn die Induction auch bereits einer ziemlich sicheren Grundanschauung auf der Spur ist, so wird sie doch jeden Augenblick der Möglichkeit einer Berichtigung gewärtig sein, die Möglichkeit eines Irrthums nicht ausschliessen. Die Deduction ist im Ganzen einer Belehrung nicht sehr zugänglich, sie appellirt an die Logik und an weiter nichts. Die Induction will immer Neues hinzulernen, sie appellirt natürlich auch an die Logik, aber sie rüttelt auch beständig an den Grundanschauungen, zu denen sie hinleitet, dieselben immer weiter berichtigend und von den Schlacken des Irrthums befreiend. Die Deduction ist leicht Vorurtheilen ausgesetzt, sie bewegt sich befangen in ihren Grundanschauungen, die Induction ist frei von Vorurtheilen, sie steht unbefangen allen Grundanschauungen gegenüber.

Dem menschlichen Geist scheint die Deduction näher zu liegen, wie die Induction; die Geschichte der Wissenschaften lehrt es, die späte Entwickelung der Naturwissenschaften spricht dafür. Die alten Naturphilosophen speculirten durchaus deductiv über die Natur, die Grundprincipien schienen ihnen festzustehen, davon gingen sie aus. Ihre Grundsätze waren in der Regel höchst zweifelhafter Art: Feuer, Wasser, Luft und Erde spielen als Elemente eine Rolle, ebenso wird das Oben von dem Unten als wesentlich unterschieden, das Relative gilt theilweise als Absolutes. Die einfachsten Experimente als Belehrungsmaterial wurden verschmäht. Aristoteles speculirt über den Fall der Körper; ein zehn Mal so schwerer

Stein müsste nach seinen Deductionen auch zehn Mal so schnell zur Erde fallen; alle Körper fallen aber gleich schnell zur Erde.

Der Gang der Entwickelung hat gelehrt, dass gerade die Aufstellung der Grundprincipien das Schwierige ist; sie ist eines der Ziele der Forschung. Grundprincipien können den Ausgang der Forschung bilden, dürfen aber nicht ausschliesslich diese Rolle spielen. Zur Aufdeckung und Aufstellung der Grundprincipien führt ein sehr mühsamer Weg, der in echt Socratischer Weise seine Kenntnis lieber für ungenügend als für genügend annimmt, in einer so charakterisirten Unkenntnis bei der Natur Belehrung sucht, die Natur beständig fragt, und danach seine Anschauungen bildet.

Solch eine einseitige Ueberschätzung der Deduction, wie sie sich bei den alten Naturphilosophen findet, ohne gleichzeitige weise Berücksichtigung der Induction möchte ich zu den Kinderkrankheiten des geistigen Lebens des Menschengeschlechts rechnen. Es mag in der That sein, dass die Naturwissenschaften in erster Linie den Kampf der Induction gegen die einseitig übertriebene Deduction aufgenommen und siegreich durchgeführt haben. Sie haben es in hervorragendem Grade um die Mitte dieses Jahrhunderts gethan, und den dadurch bedingten Geistesströmungen hat sich kaum ein Gebiet menschlichen Wissens entziehen können. Aber denken wir daran, dass es noch nicht allzu lange her ist, dass die Identitätsphilosophie eines Hegel überwunden ward. Das muss uns auf die Möglichkeit vorbereiten, dass Rückfälle in die Kinderkrankheit auch in Zukunft nicht ausgeschlossen erscheinen. Eben darum darf eine eingehende Behandlung der erkenntnistheoretischen Denkformen der Induction und Deduction und ihrer Beziehungen zu einander zu keiner Zeit überflüssig erscheinen.

Es ist übrigens auch nicht allzuschwer, die Momente aufzudecken, welche einer einseitigen Ueberschätzung der Deduction Vorschub leisten können; sie liegen in dem technisch ganz

berechtigten Betriebe des Unterrichts auf der Schule; giebt für die Mehrzahl der Menschen die Schule doch nun einmal eine Art Muster und Vorbild ab für alle Fragen, welche mit Erkenntnis und Bildung in Zusammenhang stehen.

Lehren kann und wird man nur einen hinlänglich durchgearbeiteten, geklärten Stoff. Wenn aber auch alle Resultate eines erfahrungsgemäss gegebenen Gebiets inductiv gewonnen sind, so wird doch beim Unterricht gerade darauf Werth gelegt werden müssen, in kürzester Zeit über den Gegenstand zu orientiren, und dazu ist die deductive Form die bei Weitem geeignetste. Indem der Lehrer aus praktischen Zweckmässigkeitsgründen in deductiver Form den Unterricht handhabt, kann bei dem Lernenden leicht die Vorstellung erweckt werden, als sei diese deductive Form des Unterrichts nun auch die Form, in der aller Wissensstoff gefunden.[1])

Die Art, wie wissenschaftliche Wahrheiten gefunden und entdeckt wurden, steht thatsächlich in den bei Weitem meisten Fällen im Gegensatz zu der Art, wie sie schon von den Autoren überliefert, vollends also, wie sie im Unterricht vermittelt werden und theilweise auch vermittelt werden müssen. Die Form, in der ein Fund gemacht wird, ist in der Regel inductiv, die Form, in der er mitgetheilt wird, deductiv.

Der naturwissenschaftliche Unterricht hat nach dieser Richtung vor anderen Unterrichtsgegenständen das voraus, dass er nicht so leicht zu einer einseitigen Ueberschätzung der Deduction verleiten wird; erhält doch ein guter naturwissenschaftlicher Unterricht stets durch anschauliche Verbindung mit Naturobjecten und Experimenten die Beziehungen zu der Quelle aufrecht, aus der alles Wissen inductiv geflossen ist.

Verstehen Sie mich also nicht falsch; wenn ich mich an-

---

1) Es liegt in der Natur der Sache, dass der erkenntnistheoretische Werth der Induction besonders von Forschern gewürdigt wird, dass gerade Pädagogen ihn am wenigsten zu schätzen in der Lage sind, wie das z. B. bei Verhandlungen über Fragen des höheren Unterrichts zum Ausdruck zu kommen pflegt.

schicke, den erkenntnistheoretischen Werth der Induction Ihnen zu vergegenwärtigen, so liegt es mir durchaus fern, den Werth einer folgerichtigen Deduction in irgend einer Weise herabzusetzen. Aber das glaube ich im Verkehr mit Menschen wahrgenommen zu haben: Deduciren thut jeder und kann es auch thun mit einer gewissen Stärke und Vorliebe — es hängt das eben mit der so gerecht unter den Menschen vertheilten Logik zusammen. Die Schwierigkeit besteht aber gerade darin den Punkt zu finden, an dem unsere Deduction in jedem Falle einzusetzen hat. Darin, diesen Punkt zu finden, liegt ein inductives Moment. Meine Auseinandersetzung kann und soll auf das rechte Verhältnis von Deduction und Induction gerichtet sein.

Eines der grossartigsten Beispiele, welches die Naturwissenschaften für den befruchtenden Charakter der gegenseitigen Durchdringung von Induction und Deduction aufzuweisen haben, ist die Erforschung der Planetenbewegung und ihre Krönung durch das Newton'sche Gesetz. Es ist nicht das Problem eines Menschenalters, um das es sich handelt, es ist das Problem von Jahrhunderten, ja Jahrtausenden, und man kann auch heute noch nicht sagen, dass es völlig abgeschlossen vorliegt. Ein näheres Eingehen darauf kann erkenntnistheoretisch nur lehrreich sein:

Ich brauche wohl nur zu erinnern an den geocentrischen Standpunkt der älteren Weltsysteme[1]), an den heliocentrischen Standpunkt des Copernicus. Ich will den Fortschritt, der in dem Wechsel des Standpunkts liegt, nicht unterschätzen; mich dünkt nur, dass er bisweilen vielleicht überschätzt wurde. Wo es sich zunächst doch nur um Aufstellung von Regeln handelt, nach denen die Planetenbewegung vor sich gehen soll, ist erkenntnistheoretisch auf die Relativität aller Bewegung im Raum hinzuweisen, welche an sich dem geocentri-

1) Das System des Tycho de Brahe ist bekanntlich jüngeren Datums, als das des Copernicus; das zeigt, dass die Chronologie nicht immer der Werthmesser für die Entwickelung ist.

schen Standpunkt gleiche Berechtigung wie dem heliocentrischen Standpunkt gewährt. Eine einfache mathematische Gleichung gestattet den Uebergang von einem Standpunkt zum anderen. Handelt es sich nur um Aufstellung von Regeln, so ist es mehr ein ästhetisches Moment, das der Einfachheit der Beschreibung, welches den Ausschlag für den heliocentrischen Standpunkt giebt. Aber gewiss, das Copernicanische Weltsystem ist eine erste näherungsweise richtige Induction, aus astronomischen Beobachtungen abgeleitet, dazu bestimmt, deductiv gewisse Beobachtungen im Voraus zu veranlassen, um die Richtigkeit der Regel zu prüfen, um dann wieder inductiv vielleicht eine zweite stärkere Näherung als Regel in Ansatz zu bringen.

Diesen zweiten inductiven Schritt hat Kepler gethan mit der Aufstellung der nach ihm benannten drei Gesetze — in Wahrheit wieder Regeln in dem vorher genommenen Sinn: 1) Die Planeten bewegen sich in Ellipsen um die Sonne, welche sich in einem ihrer Brennpunkte befindet. 2) Der Radiusvector von der Sonne nach den einzelnen Planeten bestreicht in gleichen Zeiten gleiche Flächenräume. 3) Die Quadrate der Umlaufszeiten verhalten sich für alle Planeten, wie die Cuben der grossen Axen.

Es kann hier zunächst immer nur von Regeln gesprochen werden, noch stehen wir fremd diesen Regeln gegenüber, noch ist uns ein tieferer Einblick in den Bewegungsmechanismus versagt; erst wo ein solcher vorliegt, kann von Gesetz gesprochen werden.

Einen solchen Einblick hilft Galilei's Satz von der Trägheit der Materie vermitteln; nach ihm bewegt sich jeder Körper, wenn keine äussere Einwirkung stattfindet, in gerader Linie mit gleichförmiger Geschwindigkeit; weicht er davon ab, dann muss eine äussere Veranlassung dazu vorliegen, dann muss von einer äusseren Einwirkung gesprochen werden. Wir messen die Wirkung geradezu durch diese Abweichung.

Es war Newton, der unter diesem Gesichtspunkt die Planetenbewegung anschaute. Nach Galilei's Trägheitsprincip

müssten die Planeten, sich selbst überlassen, sich dauernd von der Sonne entfernen — in der Tangente von Kepler's Ellipsen; thun sie es nicht, dann muss eine äussere Einwirkung stattfinden. Newton's inductive grosse That bestand darin, diese Einwirkung direct proportional den Massen der Sonne und des Planeten und umgekehrt proportional dem Quadrat der Entfernung beider in Ansatz zu bringen, ohne dabei irgend welche Vermuthungen auszusprechen, wie solche Einwirkung zu Stande käme, wie sie denkbar wäre.

Aber nun handelte es sich, die Berechtigung dieser Induction nachzuweisen, und dazu war der deductive Weg einzuschlagen. Zunächst waren die Kepler'schen Regeln aus Newton's Ansatz abzuleiten; dabei sollte sich zeigen, dass Newton's inductiver Schritt den Kepler'schen Regeln gegenüber eine weitere Näherung an die Wirklichkeit enthielt. Die Quadrate der Umlaufszeiten verhielten sich nicht ganz genau für alle Planeten wie die Cuben der grossen Axen; das Zahlenverhältnis für den Cubus der grossen Axe zum Quadrat der Umlaufszeit war nicht, wie man jetzt die dritte Kepler'sche Regel deuten konnte, der Sonnenmasse proportional, sondern der Summe der Massen von Sonne und Planet, nur insofern die Masse der Planeten als klein, beziehungsweise als sehr klein gegenüber der Sonnenmasse in Betracht kommt, konnte die dritte Kepler'sche Regel immerhin als eine der Wirklichkeit entsprechende grosse Näherung angesehen werden.

Es würde zu weit führen, wollte ich jetzt der zahllosen Deductionen auf andere Vorgänge im Universum gedenken, durch welche schon Newton selbst seinen so glücklichen Ansatz zu dem Range eines Naturgesetzes emporhob. Es waren zahllose, astronomisch schon lange bekannte Erscheinungen, deren Räthsel mit einem Schlage schwanden, die alle deductiv aus Newton's Gesetz einheitlich folgten.

Aber wenigstens nicht ganz mit Stillschweigen übergehen möchte ich die Forschungen, welche an den Namen Leverrier knüpfen: Es ist klar, gilt das Newton'sche Gesetz, dann

werden auch die Planeten auf einander Wirkungen ausüben, und dadurch Abweichungen von den Kepler'schen Ellipsen hervorrufen. Umgekehrt, liegen solche Abweichungen vor, so wird man sie auf fremde, vielleicht unbekannte Einwirkungen zurückführen. Für die Uranusbahn lagen solche Abweichungen vor, und es kann wohl als bekannt vorausgesetzt werden, wie daraus Leverrier auf die Existenz eines neuen Planeten schloss, des Neptun, den dann Galle auch wirklich nicht weit von der berechneten Stelle fand. Aber es ist vielleicht schon dem Gedächtnis entschwunden, dass Leverrier in seinen späteren Jahren in gleicher Weise aus den Abweichungen des Mercur auf die Existenz eines weiteren inneren Planeten schloss, für den er dann einen Durchgang vor der Sonnenscheibe berechnete, bei dem sich der neue Planet als kleiner dunkler Punkt von der hellen Sonnenscheibe hätte abheben müssen.

Hatte die erste Deduction zu einem glänzenden Siege menschlicher Geisteskraft geführt, bei der zweiten Deduction blieb der Erfolg aus. Ob der dunkle Punkt, als welcher der unbekannte Planet auf heller Sonnenscheibe erscheinen sollte, vielleicht zu klein sei, ob das Newton'sche Gesetz vielleicht noch nicht die letzte Näherung an die Wirklichkeit bedeute, wer weiss es heute? Es war von Neuem damit darauf hingewiesen, dass die wissenschaftliche Naturbetrachtung zu allen Zeiten der inductiven Erkenntnismethode nicht entbehren kann, dass alle Deductionen, wenn sie auch bereits zu Triumphen geführt haben, nur ein Mittel sein sollen, das inductive Erkenntniselement von Neuem anzuregen und zu befruchten.

Ein erkenntnistheoretisch nicht minder lehrreiches Beispiel für die so förderliche Wechselwirkung von Induction und Deduction bildet die Geschichte des Satzes von der Erhaltung der Kraft oder, wie man sich heute auszudrücken pflegt, des Princips der Energie. Der Inhalt dieses Naturgesetzes ist von mir ja schon zu anderen Zwecken gelegentlich des zweiten Vortrags berührt worden, die Entwickelung unserer ganzen modernen Elektrotechnik ist nichts anderes,

als ein beredtes Beispiel dieses grossen Naturgesetzes. Lassen Sie mich heute noch auf die Geschichte dieses Gesetzes zurückkommen.

Die Geschichte dieses Satzes dünkt mich für erkenntnistheoretische Zwecke deshalb besonders werthvoll, weil es Männer waren, die nicht zur physikalischen Zunft gehörten, welche den Satz zuerst in aller Schärfe formulirten, und weil die allgemeine Anerkennung des Satzes unter den Physikern erheblich der Zeit nachhinkte, in der vollkommen klar und nicht misverständlich das Gesetz bereits formulirt war. Es ist nicht ohne Werth, gerade heute daran zu erinnern, wo man naturphilosophisch so leicht geneigt ist, den Satz sozusagen als ganz selbstverständlich zu betrachten, und ihn z. B. auf gleiche Stufe mit dem Satz von der Erhaltung der Materie zu stellen.

J. R. Mayer hatte als Schiffsarzt, Joule als Brauereibesitzer, Helmholtz als Militärarzt den letzten inductiven Schritt zur Aufstellung des Gesetzes gewagt, der von Generationen von Physikern vorbereitet war.

Die Leidensgeschichte von J. R. Mayer ist Ihnen vielleicht theilweise bekannt. Seine grundlegende Arbeit „Ueber die Kräfte der unbelebten Natur“ fand 1842 in Poggendorff's Annalen, dem Fachjournal der Physiker, keine Aufnahme. Poggendorff erfüllte nicht einmal die wiederholt ausgesprochene Bitte, das Manuscript zurückzusenden. Es war der Chemiker Liebig, der unbefangener und darum freier seine Annalen der Chemie der Arbeit Mayer's öffnete; aber es lag in der Natur der Zeitschrift, dass hier Mayer's Entdeckung der Beachtung der Kreise zunächst entgehen musste, auf welche Mayer zu rechnen nun einmal angewiesen war, der Physiker. Erst spät hat Mayer die allgemeine Anerkennung gefunden, die er verdiente; als man nicht müde wurde, ihn mit Ehren zu überhäufen, war er ein gebrochener Mann.

Die Schwierigkeiten, die der junge Militärarzt Helmholtz mit der Anerkennung seiner in der berühmten Schrift „Ueber die Erhaltung der Kraft“ 1847 niedergelegten Ideen zu über-

winden hatte, hat er uns selbst beim Rückblick auf seine wissenschaftliche Laufbahn geschildert[1]):

„Ich wäre vollkommen darauf gefasst gewesen, wenn mir die Sachverständigen schliesslich gesagt hätten: „Das ist uns ja Alles wohlbekannt. Was denkt sich der junge Mediciner, dass er meint, uns das so ausführlich auseinandersetzen zu müssen?“ Zu meinem Erstaunen nahmen aber die physikalischen Autoritäten, mit denen ich in Berührung kam, die Sache ganz anders auf. Sie waren geneigt, die Richtigkeit der Gesetze zu leugnen und in dem eifrigen Kampf gegen Hegel's Naturphilosophie, den sie führten, auch meine Arbeit für eine phantastische Speculation zu erklären. Nur der Mathematiker Jacobi erkannte den Zusammenhang meines Gedankenganges mit dem der Mathematiker des vorigen Jahrhunderts, interessirte sich für meinen Versuch und schützte mich vor Misdeutung.“

Und ebenso berichtet Helmholtz 1881[2]):

„Die Aufnahme meiner Arbeit in Poggendorff's Annalen wurde mir verweigert. Ruhm und äussere Förderung war in jenen Zeiten mit der neuen Ueberzeugung noch nicht zu gewinnen; eher das Gegentheil.“

Und doch war trotz des Mangels der Anerkennung, der zuerst Mayer und Helmholtz traf, die Aufstellung des Satzes von der Erhaltung der Kraft im Wesentlichen das Facit einer Summe bekannter Einzelgesetze und Einzelerscheinungen. Die Entdeckung war zuerst als ein Führer der Forschung proklamirt; in dem Maasse, in dem sich die Folgerungen an der Hand der Erfahrung bestätigten, rückte dieser Satz in den Rang eines Naturgesetzes. Wenn wir heute beständig aus diesem Gesetz deduciren, dürfen wir darum nicht des wesentlich inductiven Weges vergessen, der zu dem Gesetz geführt hat.

Die Beispiele für das Verhältnis von Induction und Deduction, die ich bisher aufgeführt, betrafen die Aufdeckung

1) Ansprachen und Reden, gehalten bei der am 2. Nov. 1891 zu Ehren von H. v. Helmholtz veranstalteten Feier. Berlin 1892.

2) H. v. Helmholtz. Gesammelte Abhandlungen I. S. 74.

von Naturgesetzen. Es war das Newton'sche Gravitationsgesetz und das Gesetz von der Erhaltung der Kraft, welches wir als Krönung einer inductiven Erkenntnisgeschichte ansahen. Ich füge jetzt ein weiteres Beispiel hinzu, welches zeigt, wie der inductive Entwicklungsgang der Naturwissenschaft nicht blos zu Naturgesetzen, sondern auch zu grundlegenden Anschauungen und Vorstellungen über die Natur von Erscheinungsclassen führt: Ich will vor Augen führen, welchen Gang die Geschichte der Physik durchgemacht hat, bis sie zu klaren Vorstellungen über Natur und Wesen des Lichtes kam. Es kommt mir hier nicht darauf an, Beispiele zu häufen: Meine Aufgabe soll die sein, an der Hand von Beispielen zugleich die allgemeinen Betrachtungen und Präcisirungen vorzubereiten, mit denen ich diesen Abschnitt schliessen will: die Betrachtungen über Voraussetzung und Folge, Gesetz und Hypothese, Analogie und Sprache.

Ihnen werden eine Reihe von Lichterscheinungen bekannt sein: die scheinbar augenblickliche Fortpflanzung der Lichtstrahlen, die geradlinige Begrenzung von Licht und Schatten, hervorgerufen durch schattenwerfende Körper. Nachdem erkannt war, dass das Licht sich mit einer sehr grossen, aber doch immer noch endlichen Geschwindigkeit ausbreitet, mit der Geschwindigkeit von 42 000 Meilen im Weltraum, lag in Verbindung mit der Thatsache der geradlinigen Begrenzung von Licht und Schatten die Vorstellung nahe, das Licht auch als einen Bewegungszustand zu fassen, etwa derart, dass das Licht sich von dem leuchtenden Körper geschossartig ausbreitet, dass die Lichtbewegung in nichts Anderem bestände, als darin, dass gewisse kleine Partikelchen von dem leuchtenden Körper mit der Lichtgeschwindigkeit ausgestossen würden. Das war die Emanations- oder Emissions-Vorstellung des grossen Newton vor 200 Jahren.

Gleichzeitig wurde aber von dem grossen holländischen Physiker Huygens eine andere Vorstellung von der Natur des Lichtes entwickelt: die Wellenvorstellung. Wie von einem Stein, den Sie in einen Teich werfen, kreisförmige Wellen-

bewegungen an der Oberfläche des Teiches ausgehen, so gehen von einem leuchtenden Körper kugelförmige Wellenbewegungen nach allen Dimensionen des Raumes sich ausbreitend aus, etwa ebenso wie von einer Schallquelle z. B. von einer abgefeuerten Kanone oder einer tönenden Glocke nach allen Seiten im Raum Schallwellen sich ausbreiten. Aber den Schall hört man noch um die Ecke einer festen Mauer; er wird gebeugt, ein Schallschatten existirt nicht: das scheint der Wellenvorstellung des Lichts eine Schwierigkeit zu bereiten, diese Schwierigkeit verschwindet jedoch, wenn wir uns die Wellenlängen des Lichtes sehr klein gegenüber den Wellenlängen des Schalls vorstellen. In der That, die grobsinnliche Beugung der Schallwellen beruht darauf, dass die Schallwellen lang sind; um die Beugung des Lichtes beobachten zu können, dazu gehören verfeinerte Beobachtungsbedingungen.

Sie sehen, wie bis zu einem gewissen Grade beide Vorstellungen, die von Newton und die von Huygens, gleich geeignet sind, von den bekanntesten Erscheinungen des Lichts Rechenschaft abzulegen; sie erscheinen bis zu einem gewissen Grade, aber auch nur bis zu einem gewissen Grade, gleich berechtigt. Es ist ein durchaus inductiver Weg, auf dem man zur Aufstellung dieser Vorstellungen, und ich kann gleich hinzufügen dieser übersinnlichen Vorstellungen gekommen ist. Den Ausgangspunkt der Induction bildeten gewisse Erscheinungsclassen, welche solche Vorstellungen nahelegten. Die weitere Ausarbeitung dieser Vorstellungen war auch noch wesentlich inductiver Art, bei der für die Wellenvorstellung des Lichts das Reich der Töne willkommene Anhaltspunkte bot. Wie nach Höhe und Tiefe die Töne sich thatsächlich durch nichts anderes als durch die Häufigkeit der Schwingungen — sagen wir in einer Secunde — unterscheiden, so sollten die Farben des Lichts sich ebenso durch nichts anderes, als durch die Häufigkeit der Schwingungen unterscheiden; das blaue Licht sollte etwa in einer Secunde mehr Schwingungen ausführen wie das rothe Licht.

Bei der Ausbildung der Vorstellung über die Natur des

Lichtes steht so Induction gegen Induction, und es hat auch in dieser Weise in der Geschichte der Wissenschaft so die Induction Newton's gegen die Induction von Huygens gestanden. Aber welche Induction war die richtige? Nun das war nicht allein Sache des Denkens, sondern vor Allem Sache des Seins. Es war weiter Aufgabe der Wissenschaft, deductiv alle Folgerungen aus diesen Grundvorstellungen zu ziehen. Die eine Theorie war dabei genau ebenso folgerichtig wie die andere, die eine ebenso logisch berechtigt, wie die andere. Entscheidung konnten nur Thatsachen bringen, nicht Gedanken, und diese Thatsachen haben die Entscheidung in der ersten Hälfte dieses Jahrhunderts zu Gunsten der Wellenvorstellung von Huygens, also gegen Newton gebracht.

Aber damit war das inductive Element in der weiteren Erforschung der Natur des Lichtes noch nicht beseitigt, es musste weiter fortwirken. Die fortschreitende Erkenntnis hatte die Lichtschwingungen als Querschwingungen, als Transversalschwingungen ergeben. Solche Querschwingungen kannte man früher nur im Innern fester Körper, das waren elastische Schwingungen; so bildete man sich naturgemäss die Vorstellung, dass das Licht in elastischen Schwingungen bestände. Man hat in den letzten Jahrzehnten solche Querschwingungen auch als Eigenart elektrischer Schwingungen erkannt. Das war eine der grossen Thaten unseres leider zu früh verstorbenen Landsmannes Hertz, solche elektrische Querschwingungen experimentell hergestellt zu haben. Ist die Natur des Lichtes — das war wieder eine lediglich durch Induction gegebene Fragestellung — elastischer oder elektrischer Art? Wieder stand Induction gegen Induction, wieder war die elastische Lichttheorie genau ebenso folgerichtig, wie die elektromagnetische Lichttheorie Maxwell's, wieder die eine logisch ebenso berechtigt wie die andere. Wieder konnten nur Thatsachen Entscheidung bringen, Beobachtungen, und nicht Gedanken, und diese Thatsachen haben in den letzten Jahren die Entscheidung zu Gunsten der elektrischen Anschauung von der Natur des Lichtes gebracht.

Wenn wir heute einen Rückblick werfen: unsere gegenwärtigen Anschauungen von der Natur des Lichtes sind der Abschluss einer zweihundertjährigen Entwicklungsgeschichte menschlicher Wissenschaft und menschlicher Forschung, bei der Induction und Deduction sich auf das Innigste durchdrungen haben, bei der man aber die Rolle, welche insbesondere die Induction gespielt hat, niemals wird unterschätzen dürfen. Wir haben uns auch heute nicht die Vorstellung zu bilden, dass nun die Induction ihre Rolle in den Forschungen von dem Wesen und den Eigenschaften des Lichtes ausgespielt hat. Es wird sich auch heute noch immer weiter darum handeln, die Vorstellung weiter und feiner auszuarbeiten. Die Induction weist da verschiedene Wege — ganz ebenso wie die Rolle der Induction noch nicht beendigt war, als die Wellenbewegung des Lichtes als solche erkannt war.

Die gewählten Beispiele werden als erster Anhalt für unsere Anschauung genügen, um an sie einige allgemeinere Betrachtungen zu knüpfen; sie sind alle der Physik entlehnt. Es giebt keine naturwissenschaftliche Disciplin, welche so geeignet ist, das wahre Verhältnis von Induction und Deduction und ihre Durchdringung zur Anschauung zu bringen, wie die Physik. Das liegt daran, dass die Physik mit ihren Grössen und Grössenverhältnissen einer mathematischen Behandlung fähig ist. Dieses Verhältnis zur Mathematik ist für die Physik erkenntnistheoretisch so charakteristisch und so bedeutsam, dass ich dabei noch einige Augenblicke verweilen möchte. Die Beziehung von Voraussetzung und Folge, welche zu besprechen ist, kann durch nichts schöner illustrirt werden.[1])

Da habe ich mit einigen Bemerkungen über Mathematik zu beginnen. Ich kann und will mich hier natürlich nicht auf den Standpunkt stellen, dass ich irgend welche mathe-

1) Hinsichtlich des Folgenden verweise ich auf meinen Vortrag: Hat die Physik Axiome? Schriften der physikalisch-ökonomischen Gesellschaft zu Königsberg, 5. April 1894. Man sehe auch die Ergänzungen und Zusätze am Schluss unter „Grundlagen des Systems der Physik.“

matischen Kenntnisse voraussetze; ich kann nur an Anschauungen, die Ihnen bekannt sind, anknüpfen. Nehmen Sie den anschaulichsten Theil der Mathematik, die Geometrie, und davon wieder den anschaulichsten Theil: die Geometrie der Ebene. Wenn ich gewisse Figuren an die ebene Tafel zeichne, Dreiecke, Vierecke, Kreise, so ist es Aufgabe der Geometrie sich mit den allgemeinen Eigenschaften solcher Figuren zu beschäftigen, beziehungsweise solche abzuleiten.

Die Geometrie geht von einigen ganz allgemein zugegebenen Thatsachen aus und muss davon ausgehen, ohne dass diese Thatsachen sich beweisen liessen. Jeder Beweis, jede Folgerung setzt etwas voraus, aus dem bewiesen, aus dem gefolgert wird. Geht man bei allen geometrischen Beweisen immer zurück auf das, was vorausgesetzt ist, dann kommt man schliesslich auf eine verhältnismässig geringe Anzahl von Sätzen, welche sich nicht weiter auf einander zurückführen lassen. Diese wenigen Sätze, die den ganzen Grundstock der Geometrie bilden, sind höchst einfacher Art; sie sind derartig, dass Jedermann, auch der Unkundigste ihre Richtigkeit von vorneherein zugestehen wird. Solche Sätze sind: Zwischen zwei Punkten lässt sich nur eine gerade Linie ziehen; zu einer geraden Linie lässt sich durch einen Punkt ausserhalb nur eine Parallele ziehen, d. i. eine Linie, welche die andere, wie weit man sie auch verlängern möchte, nicht schneidet. Solche Sätze heissen Axiome der Geometrie.

Es ist durchaus nicht leicht, die Fundamente der Geometrie, welche zum Bau der Wissenschaft nothwendig und ausreichend sind, herauszuschälen. Die Schwierigkeit liegt hier gerade darin, dass der Stoff uns allzu bekannt ist; wären die ersten ableitbaren Sätze der Geometrie uns weniger bekannt und weniger geläufig, dann würde die erkenntnistheoretische Schwierigkeit wahrscheinlich eine geringere sein. Hier scheint mir auch der Grund zu liegen, warum es so schwer ist, Knaben in die Geometrie einzuführen. Die Systematik der Anfangsgründe gerade, mit ihren höchsten Ansprüchen an die Fähigkeit abstract denken zu können, widerstrebt dem jugendlichen Geist, der mehr auf Anschauung drängt; der Schüler empfängt

anfangs den Eindruck, als würden unnütz viel Worte gemacht, als würde leeres Stroh gedroschen; ihm ist das selbstverständlich, was der Lehrer sich zu beweisen abmüht. So dünkt es mich für den Anfangsunterricht pädagogischer, auf die strengste Systematik der geometrischen Anfangsgründe zu verzichten; das Verständnis für eine solche strenge Systematik setzt doch schon eine grössere Reife voraus, um so lohnender würde es vielleicht gerade in der obersten Classe sein, darauf zurückzukommen. Die Schulgeometrie für Anfänger dürfte erst da mit Beweisen einsetzen, wo dem noch ungeschulten Geiste des Knaben wirklich ein Bedürfnis für einen Beweis vorzuliegen scheint. Wo das Erfahrungsmaterial des Schülers aufhört, da wird seine Aufmerksamkeit leichter geschärft sein zu achten, an welchen Stellen die Deduction einsetzt.

Ich setze dies Alles nur auseinander, um Ihnen eine Anschauung davon zu geben, wie schwierig die erkenntnistheoretische Bearbeitung von so einfachem Stoff ist, wie er in den Anfängen der Geometrie behandelt wird. Es ist wesentlich mit ein Stück inductiver Arbeit, diese Axiome, diese Grundpfeiler zu finden, auf denen das ganze Gebäude der Geometrie ruht. Hat man sie, so ist die Geometrie wie überhaupt die Mathematik wissenschaftlich betrachtet der stolzeste und festeste Bau, den man sich denken kann. Deductiv reiht sich Satz an Satz, auf das engste aneinander gefügt — lückenlos. Die Schwierigkeit dieser stolzen Deduction liegt nicht darin — um einen früheren Gedanken aufzunehmen — überhaupt deduciren zu können, sondern die Punkte zu finden, an denen unsere Deduction einsetzt.

Die Thatsache, dass ein so fester Bau auf so wenig Voraussetzungen aufgeführt werden kann, wie die Geometrie, hat schon von jeher die Aufmerksamkeit aller Erkenntnistheoretiker gefesselt. Wie ist reine Mathematik möglich? Das war die Fragestellung, mit der ein Kant an die Untersuchung der einschlägigen Fragen ging. Und dies hat mit zur Folge gehabt, dass diese Fragen Erknntnistheoretiker unseres Jahrhunderts immer hervorragend interessirten; diese

Fragen konnten um so eher interessiren, als jeder Philosoph doch wenigstens etwas von den Anfangsgründen der Geometrie wusste.

Aber nun hat der naturwissenschaftlich durchbildete Kant noch eine andere Frage aufgeworfen: Wie ist reine Naturwissenschaft möglich? Dieser Frage haben sich Erkenntnistheoretiker dieses Jahrhunderts einfach aus dem Grunde weniger zugewandt, weil sie mit Ausnahme ganz weniger Forscher naturwissenschaftlich nicht durchbildet genug waren. Ich betrachte es mit als eine meiner Aufgaben, in diesen Vorträgen für die Beantwortung dieser Frage zu interessiren und zu veranschaulichen, wie ungleich reicher der erkenntnistheoretische Gewinn ist, welcher sich an die Beantwortung dieser zweiten Kant'schen Frage knüpft.

Das logische Verhältnis von Voraussetzung und Folge, welches in der reinen Mathematik eine so eminente, durchsichtige Rolle spielt, es ist dasselbe, welches auch in der Physik eine solche einnimmt. Aber das ist nun das erkenntnistheoretisch Bemerkenswerthe: Während in der Mathematik die Hauptschwierigkeit darin besteht, innerhalb eines ausserordentlich bekannten und geläufigen Materials durch eine Art Induction Fundamente zu finden, herauszuschälen, die ihrem Inhalt nach gleichfalls sehr bekannt und geläufig sind, haben wir es z. B. in der Physik mit weniger bekanntem und geläufigem Material zu thun; wir müssen es uns durch Beobachtung oder Experiment erst schaffen, und innerhalb dieses so mühsam gesammelten Materials ist es dann unsere weitere Aufgabe, den Thatsachen inductiv nachzuspüren, welche logisch geeignet sind als Voraussetzungen zu dienen, um deductiv das Material, von dem wir ausgingen, wieder ableiten zu können.

Der Unterschied ist doch folgender: Die Mathematik hat zur Voraussetzung, dass es Denknothwendigkeiten, also logische Gesetze in uns giebt; die Physik hat zur Voraussetzung, dass es Naturnothwendigkeiten, also Naturgesetze ausser uns giebt, und dass diese Naturnothwendigkeiten ausser uns nirgends in Widerspruch treten mit den Denknothwendigkeiten in uns. Beide

Voraussetzungen sind durch die Thatsache der Existenz und des Erfolges der betreffenden Wissenschaften hinlänglich begründet.

Die Mathematik setzt sich ihre Voraussetzungen selbst, auf denen sie ihr logisches Gebäude deductiv aufführt; jede solche Voraussetzung, insofern sie logisch widerspruchsfrei ist, ist auch berechtigt. Die Mathematik construirt sich auf diese Weise ihren Inhalt selbst.

Die Physik wird auch gewisser Voraussetzungen bedürfen, wenn sie in deductiver Form zu den Einzelerscheinungen herabsteigen will; diese Voraussetzungen müssen aber nicht nur logisch in sich widerspruchsfrei sein, sie dürfen auch in ihren Folgerungen der Erfahrung nicht widersprechen. Die Physik construirt so ihren Inhalt einer äusseren Wirklichkeit nach.

Die Resultate der Mathematik sind reine Denknothwendigkeiten, zunächst ohne Beziehung zur Wirklichkeit, und müssen als solche widerspruchslos hingenommen werden, es kann höchstens ihr Werth bezweifelt werden. Die Resultate der Physik dürfen — ganz streng genommen — nie mehr als einen hohen Grad von Wahrscheinlichkeit beanspruchen, insofern ihre Denkmöglichkeiten immer in Widerspruch mit den Thatsachen der Naturnothwendigkeit treten können.

Insofern die reine Mathematik nicht nach ihren Beziehungen zur Wirklichkeit fragt, ist sie eine im Wesentlichen formale Wissenschaft und entbehrt demgemäss des reichen Inhalts, den z. B. die Naturwissenschaften in ihrer Beschäftigung mit der Natur aufweisen. Dem reinen Denken fehlt leicht der Maassstab des W e r t h e s, welcher in dem Inhalt der äusseren Wirklichkeit liegt. Reines Denken, an welches wir einen tieferen, inneren Werthmesser nicht anlegen können, wie er z. B. durch eine äussere Wirklichkeit verbürgt wird, für welches wir uns vielleicht nur künstlich einen Werthmesser schaffen, ist ein Spiel oder ein Sport — denken Sie z. B. an das Schachspiel.

Nach diesen allgemeinen Bemerkungen über Voraussetzung und Folge werden Sie es verstehen, was man davon zu denken

hat, wenn man von voraussetzungsloser Wissenschaft sprechen hört. Das giebt es nicht! Jede Wissenschaft wird von Voraussetzungen auszugehen haben, aus denen sie ihren Inhalt zu begreifen sucht. Allerdings wird das Studium dieser Voraussetzungen ein ganz besonders schwieriges und ernstes sein.

In der Geometrie waren diese Voraussetzungen die Axiome, in den Naturwissenschaften sind diese Voraussetzungen des logischen Gebäudes auf der einen Seite das, was man Gesetz, auf der anderen das, was man Hypothese nennt. Beide: Gesetz und Hypothese dienen als Ausgangspunkt sämmtlicher Deductionen, welche zu einer völligen Uebereinstimmung mit der reichen und mannigfaltigen Erscheinungswelt der Natur führen sollen und müssen. Beide Begriffe sind natürlich von fundamentaler Bedeutung, beide Begriffe werde ich Ihnen zu veranschaulichen haben. Was man darunter allgemein zu verstehen hat, hoffe ich Ihnen um so leichter verständlich machen zu können, als ich die Beispiele am Anfang dieses Abschnittes schon in Hinblick auf das Folgende gewählt habe: Das Newton'sche Gravitationsgesetz und der Satz von der Erhaltung der Kraft waren Beispiele für Naturgesetze, die Huygens'sche Wellenvorstellung von der Natur des Lichtes war ein Beispiel für eine Hypothese.

Das Wort Gesetz kommt ja auch sonst im gewöhnlichen Leben vor, und es ist vielleicht ganz gut hieran zu erinnern. Das Gesetz im gewöhnlichen Leben bedeutet soviel als Gebot; es will unsere Handlungen unseren Mitmenschen gegenüber regeln. Die Freiheit unseres Willens schliesst nicht aus, dass wir anders handeln, als es die Gesetze, die Gebote vorschreiben; thun wir das, dann entsteht ein Conflict, dessen Folgen wir zu tragen haben, und für den wir verantwortlich sind. Anders das Naturgesetz; es bildet den kürzesten und zugleich reichhaltigsten Ausdruck für das, was thatsächlich geschieht und zwar was ausnahmslos geschieht, was geschehen muss. Die Freiheit unseres Willens findet naturgemäss am Naturgesetz ihre Schranke, oder wenn wir tiefer nachdenken, gelangen wir zu der Formulirung: die Freiheit unseres Willens

wird naturgemäss im Naturgesetz mit ihre Bestimmung finden müssen. Wer frei, in des Wortes weitester Bedeutung, denkt und handelt, oder noch besser gesagt, denken und handeln will, der wird das berücksichtigen müssen, was unabänderlich geschieht, was nothwendig geschehen muss; ja für ihn wird die Kenntnis der Naturgesetze unerlässlich sein, damit er nach dem, was unabänderlich, ausnahmslos geschieht, seine Entschliessungen und Handlungen einrichten kann.

Das Gesetz ist der kürzeste, allumfassendste Ausdruck für etwas, was innerhalb eines grösseren Erscheinungsgebietes geschieht, ja unter allen Umständen geschehen muss. Es ist mehr als eine Regel, spricht man von einer Regel doch nur bei einem gesetzmässigen Geschehen innerhalb eines kleineren Erscheinungsgebietes — denken Sie an die Kepler'schen Regeln. Keine Regel ohne Ausnahme, sagt man in Bezug auf grammatikalische Regeln, und man wird das bis zu einem gewissen Grade wohl auch von naturwissenschaftlichen Regeln sagen können. Eine Regel will eben nur das ausdrücken, was in der Regel d. h. was in den meisten Fällen eintritt. Der Grund, warum eine naturwissenschaftliche Regel noch specielle Ausnahmen haben kann, liegt darin, dass der Inhalt der Regel noch einer allgemeineren Fassung fähig ist. Diese denkbar allgemeinste Fassung des Inhalts einer Erscheinungsclasse in einer bestimmten Richtung, derart dass diese Fassung Allgemeingültigkeit für sich in Anspruch nimmt: das ist der Ausdruck eines Naturgesetzes. So kommen erkenntnistheoretisch auf dem Boden der Wirklichkeit die wichtigsten Begriffe zu Stande. Begriffe wollen eine grössere Classe von Erscheinungen eben begreifen, umfassen — und das thun im höchsten Maasse die Naturgesetze.

Die sogenannten Kepler'schen Gesetze sind nur Regeln, das Newton'sche Gravitationsgesetz ist das Gesetz, und sein zugehöriger Begriff ist die Gravitation. Bei der Kepler'schen Regel, dass die Planeten in Ellipsen die Sonne umkreisen, erhebt sich die Frage, ob Ellipsen wirklich die einzig mögliche Bahn für Körper sind, welche die Sonne umkreisen; das

Newton'sche Gesetz entscheidet die Frage zu Gunsten der allgemeineren Fassung, dass auch Hyperbeln und Parabeln vorkommen können; es giebt genau an, in welchem Falle das eine, in welchem Falle das andere stattfindet.

Das Gesetz von der Erhaltung der Kraft ist ein Gesetz; es gilt ausnahmslos, sein Begriff ist der der Energie. In der That gestattet dieser Allgemeinbegriff in einer gewissen Richtung die gesammte Physik und Chemie — ja die gesammte Naturwissenschaft zu umfassen. Das Gesetz von der Erhaltung der Kraft wurde vorbereitet durch Regeln, welche speciellere Erscheinungsclassen umfassen wollten, aber dann Ausnahmen zulassen mussten. Solcher Ausnahmen fähig waren die Sätze von der Erhaltung der lebendigen Kraft, von der Erhaltung des Wärmestoffs.

Es ist höchst lehrreich, dieses Verhältnis von Regel und Gesetz zu betrachten. Die Regel begreift noch nicht die Natur, dazu ist sie zu eng, zu speciell; das Begreifen, die Fassung des Begriffs gelingt erst durch Hinzunahme allumfassenderen Materials dem höheren, vielseitigeren Standpunkt. Die Regel hat nur und kann nur einen provisorischen Charakter tragen; mit ihren Ausnahmen trägt sie den Mangel einer Erkenntnis, den Ausdruck einer nur grob mechanischen Erfassung eines gewissen Inhalts an der Stirne. Das Gesetz trägt einen durchaus definitiven Charakter, es bedeutet einen gewissen Abschluss in der Entwicklung des Erkenntnisprocesses.

Ein Gesetz ist ebenso wie eine Regel durchaus inductiv gefunden, sagen wir, zuerst inductiv vermuthet, und wird in den ersten Stadien als versuchsweise Voraussetzung eingeführt. Indem nun diese Voraussetzung deductiv nach allen Richtungen verwerthet wird, und in allen Fällen ausnahmslos zur Uebereinstimmung mit der Erfahrung, der Wirklichkeit führt, rückt die Voraussetzung allmählich in den Rang eines Naturgesetzes. Dabei liegt der Gedanke zu Grunde, dass eine übergrosse Wahrscheinlichkeit sich schliesslich von der Wahrheit in nichts unterscheidet. Zur Aufstellung von Naturgesetzen mit allem einschlägigen Material gehören nicht Tage und Wochen, Monate

und Jahre, es gehören dazu ganze Generationen, Jahrhunderte. Das bedeutet eine Entwicklung, der man das Zeugnis einer sehr grossen Reife nicht wird versagen können. Es handelt sich hier um das Reifen einer Frucht, des Begriffs, wie sie in ihrer Stetigkeit, Langsamkeit und Tiefe ausserhalb der Naturwissenschaft kaum ihres Gleichen hat, jedenfalls nirgends mit einer derartigen Klarheit und Deutlichkeit auch geschichtlich nachgewiesen werden kann. Immer aber ist es lediglich der Erfolg, der als Werthmesser für die Bedeutung und Richtigkeit den Ausschlag giebt.

Was die Naturgesetze für die Ausbildung unserer Begriffe, das sind die Hypothesen für die Ausbildung unserer Vorstellungen und Anschauungen. Hypothesen sind Vorstellungen und Anschauungen, mit denen wir uns über die Ungenauigkeit unserer sinnlichen Anschauung erheben, es sind also übersinnliche Vorstellungen und Anschauungen. Die Emanationsvorstellung von Newton über die Natur des Lichtes ist in diesem Sinne ebenso eine Hypothese wie die Wellenvorstellung von Huygens. Die Atomtheorie der Chemie ist ebenso eine Hypothese, weil die ganze Molekularwelt jenseits der Grenze der sinnlichen Wahrnehmung liegt.

Es ist nicht gesagt, dass eine Hypothese in dem definirten Sinne des Wortes auch immer Hypothese bleiben wird. Eine Voraussetzung des ganzen deductiven Gebäudes als zu Grunde gelegte Vorstellung wird sie immer bleiben; aber in dem Augenblick, in dem die früher übersinnliche Anschauung und Vorstellung den Sinnen zugänglich gemacht wird, hört sie auf eine Hypothese zu sein und wird eine vollendete Thatsache. So kann man heute sagen, die Wellenvorstellung von der Natur des Lichtes ist heute keine Hypothese mehr, sie ist heute eine vollendete Thatsache, nachdem es dem jungen deutschen Physiker Wiener gelungen ist, Wellenrippen von stehenden Lichtwellenzügen auf sehr dünnen lichtempfindlichen Gelatineblättern photographisch zu fixiren. — Die Grundlage

der ganzen Bakteriologie, die Annahme der Existenz von Bakterien war so lange eine Hypothese, als es noch nicht gelungen war, Bakterien in das Gebiet der sinnlichen Wahrnehmung zu bringen.

Nicht immer wird es gelingen, eine Hypothese zur Thatsache zu wandeln. Dazu gehört wohl die atomistische Vorstellung von der Constitution der Materie; und darum wird erkenntnistheoretisch in dem logischen Verhältnis von Voraussetzung und Folge auch die Hypothese immer ihre Rolle weiter zu spielen haben.

Nun aber ist zwischen Hypothese und Hypothese ein Unterschied. Mit Hypothesen operirt jeder Stümper; der Fehler ist hier der, dass zu jeder Thatsache die Hypothese ad hoc gemacht erscheint, dass die Hypothese wirklich nichts mehr ausdrückt, als einen einzelnen kleinen Thatbestand. Hypothesen diesen Charakters müssen aus der Wissenschaft fern gehalten werden. Hypothesen aufstellen hat nur dann eine Bedeutung, wenn es gelingt durch solche ganze Gruppen von Erscheinungen einheitlich zusammenzufassen. Nur der wird dazu berufen sein, Hypothesen in die Wissenschaft einzuführen, dem ein reiches Erfahrungsgebiet zur Seite steht, der wirklich eine Fülle von Erscheinungen zu übersehen im Stande ist. Für die Wissenschaft wirklich brauchbare Hypothesen aufzustellen, das ist nicht Sache des Jünglings in der Wissenschaft oder gar des Laien, nein, das setzt die grösste Mannesreife in der Wissenschaft voraus.

Solche gereifte Hypothesen waren die Wellenvorstellung von der Natur des Lichtes, die Vorstellung von der atomistischen Constitution der Materie. Es handelt sich dabei um übersinnliche Vorstellungen, dazu berufen, die Lücken auszufüllen, welche die ausschliesslich sinnliche Betrachtung der physikalischen Welt übrig lässt.

Das wäre ungefähr das, was ich über Gesetz und Hypothese hier vorführen wollte. Beide Begriffe, Gesetz und Hypothese haben etwas Verwandtes, sie wollen als Voraussetzungen

das Reich der Erscheinungen und Thatbestände umfassen, begreifen, mindestens erläutern. Vornehmlichste Aufgabe der Naturwissenschaften ist es, Thatbestände in ihrer ganzen Reinheit und Nacktheit zur Darstellung zu bringen. Man sollte nicht denken, wie schwer diese Aufgabe zu erreichen ist, so sehr ist der Mensch gewöhnlichen Schlages ausser Stande, Thatsachen und eigene Vorstellungen fein säuberlich auseinander zu halten. Es gelingt, die Thatsachen in ihrer Reinheit zu erfassen durch unsere Ideen, indem wir die Thatsachen als Folgen gewisser Voraussetzungen hinstellen. Solche Voraussetzungen sollen Hypothesen und Gesetze sein, die Hypothesen appelliren dabei an sinnliche Vorstellungen und Anschauungen, die Gesetze an begriffliche Vorstellungen und Anschauungen. Hypothesen und Gesetze sind unsere naturwissenschaftlich gereiften Ideen.

Es giebt keine Wissenschaft, welche erkenntnistheoretisch so klar und durchsichtig das Verhältnis von Thatsachen und Ideen und die Bedeutung dieses Verhältnisses zur Anschauung bringt, wie die Naturwissenschaft. Thatsachen sind und können nur immer ein näherungsweise vollkommener Ausdruck einer Idee sein. Es liegt sehr häufig der Irrthum vor, Thatsachen als vollkommen reinen Ausdruck einer Idee hinzustellen. In meiner Auffassung über das Verhältnis von Ideen und Thatsachen haben Sie auch die tiefere Erklärung dafür, dass zur historischen Auffassung Thatsachen ein gewisses Alter aufweisen müssen, dass die Gegenwart am allerwenigsten in jedem Fall zu einer wissenschaftlichen Auffassung ihrer Thatbestände und Thatsachen befähigt.

Ich kann Ihnen meine Anschauungen über das Verhältnis von Ideen und Thatsachen[1]) durch keinen Gewährsmann besser

---

1) Anmerkungsweise möchte ich hier die Anschauungen des Historikers F. Ch. Schlosser's über das Verhältnis von Thatsachen und Ideen berühren. Mein hochgeehrter College F. Rühl hat in einem Essay über ihn in „Nord u. Süd" 1880 Folgendes geschrieben:

„Eine gewisse, oft staunenswerthe Gleichgiltigkeit gegen die Thatsachen an sich hat er immer behalten; unzählige, auffallende Fehler

erhärten, als durch Liebig, den berühmten deutschen Chemiker. Liebig sagt im dritten seiner chemischen Briefe:

„Wir schätzen die Thatsachen ihrer Unvergänglichkeit wegen, und weil sie den Boden für die Ideen abgeben; den eigentlichen Werth empfängt aber die Thatsache erst durch die Idee, die daraus entwickelt wird.“

„Eine allzu grosse Schätzung der blossen Thatsachen ist übrigens häufig ein Merkzeichen eines Mangels an richtigen Ideen. Nicht der Reichthum, sondern die Ideen-Armuth umgiebt sich mit einem Schwulst vou Lappen, oder trägt alte, zerrissene, fadenscheinige oder unpassende Kleider.“

„Es giebt Ideen von einer Grösse und Weite, dass sie auch völlig durchlöchert, immer noch soviel Stoff übrig lassen, um die Denkkraft einer ganzen Generation ein Jahrhundert lang zu beschäftigen.“

Aber wie werden diese Ideen gewonnen? Wie wird eine Induction gewonnen? Bei der Begründung einer naturwissenschaftlichen Disciplin vollzieht das Genie die Induction, die dann mehr die Form einer Intuition annimmt. Es gehört in der That eine Intuition dazu, die Fruchtbarkeit und Tragweite von Voraussetzungen bis zu einem genügenden Grade übersehen zu können. Eine definitive Rechtfertigung können die Voraussetzungen nur in der Uebereinstimmung sämmtlicher Deductionen mit den Erscheinungen, also mit der Erfahrung finden.

Es liegt in der Natur des Gegenstandes, dass es sich für uns bei Beantwortung der aufgeworfenen Fragen mehr um Beiträge, nicht um ein vollständiges Material und Werkzeug handeln kann. Ein wesentlicher Führer auf dem Wege der

---

hat er gleichmüthig begangen und eingestanden, denn für seinen eigentlichen Zweck kam nach seiner Meinung nichts darauf an, glaubte er doch sogar, dass eine Universalgeschichte möglich sei, welche von allen Einzelheiten völlig absehe. Die Thatsache selbst ist ihm todt; sie gewinnt nur Leben durch die Ideen, die sich daran aufweisen lassen, und er unterscheidet sich von den theologischen und philosophischen Geschichtsconstructoren im Princip nur dadurch, dass er nicht die Thatsachen aus den Ideen verstehen, sondern die Ideen aus den Thatsachen erkennen will.“

Erkenntnis, der Forschung, d. i. der Induction ist das Princip der Vergleichung, und was damit zusammenhängt, die Terminologie, in anderer Ausdrucksweise: Analogie und Sprache.

Auf einer je niedrigeren Entwicklungsstufe die Naturwissenschaft stand, um so weniger Vergleichsgegenstände boten sich ihr dar; sie entnahm ihre Bilder, ihre Sprache den Verhältnissen des menschlichen Lebens. Das that zum grossen Theil die Naturwissenschaft des Alterthums. Die menschlichen Verhältnisse erscheinen aber schon ihrer Complication wegen wenig geeignet, die Naturwissenschaften zu fördern, findet doch heute fast das Umgekehrte statt, dass naturwissenschaftliche Anschauungen die Verhältnisse des menschlichen Lebens gestalten. Erst in dem Maasse, als die Naturwissenschaften sich von den Anschauungen des gewöhnlichen Lebens loslösten, sich selbstständig entwickelten, traten die Erscheinungen hervor, denen eine fundamentale Bedeutung zugesprochen werden konnte, und die geeignet waren, für andere weniger bekannte Gebiete einen Vergleichsmaassstab herzugeben.

Ich erinnere, wie förderlich sich in dieser Beziehung die elementaren Erscheinungen der Wasserwellen erwiesen haben: der in das Wasser geworfene Stein mit seinen ringförmig sich ausbreitenden Wellen, es ist ein Bild, wie es zur physikalischen Erziehung ganzer Generationen mit Vortheil benutzt ist und noch immer weiter benutzt werden wird; ein Bild, wie es geeignet, ist die kugelförmige Ausbreitung der Schallwellen, der Lichtwellen, der elektrischen Wellen zu veranschaulichen.

Von ganz besonderer Bedeutung ist für die Entwickelung der Physik bekanntlich als Bild, als Analogie die Anschauung der Newton'schen Gravitation geworden. Die Thatsache, dass zwei Himmelskörper in grosser Entfernung aufeinander wirken, wie das Newton'sche Gravitationsgesetz solches angiebt, stand zu Newton's Zeiten beispiellos da. Die Wirkung von Magnetnadeln auf einander war ja allerdings bekannt, aber sie war erfahrungsgemäss doch nie für annähernd so grosse Ent-

fernungen in Betracht gezogen, als solche in der Astronomie vorkommen. So scheint denn auch nachweislich die Thatsache der magnetischen Einwirkung bei der Fassung der Gravitationsanschauung keine Rolle gespielt zu haben.

Eine andere Frage war die, wie man sich diese Thatsache vorzustellen habe, und ob man sich dieselbe überhaupt vorzustellen habe. Newton verzichtete auf eine solche Vorstellung, er sagte „hypotheses non fingo“ in Bezug hierauf; es genügte ihm, die Existenz der Thatsache der Gravitation erwiesen zu haben. So wunderbar diese Thatsache dem Zeitalter Newton's erschien, sie liess sich nicht wegleugnen, sie war da. Aber in dem Maasse, in dem man mit dieser Thatsache rechnete und zu rechnen hatte, in dem Maasse schien sie dem menschlichen Geiste vertrauter, in dem Maasse wurde sie dem Menschen eine geläufige Anschauung und Vorstellung. Sollte diese Anschauung eine vereinzelte, nur für die Gravitation ad hoc geschaffene bleiben?

Es war hundert Jahre später, als der französische Physiker Coulomb die Wirkungen der Elektricität und des Magnetismus im Zustand der Ruhe genau unter derselben Anschauung betrachtete, unter der man sich die Newton'sche Gravitationswirkung zu betrachten gewöhnt hatte. Die Gravitation versah hier die Rolle eines Bildes, sie diente als Vergleichung, als Analogie, und dieses Bild, diese Analogie liess sich bis auf die Form des Gesetzes aufrecht erhalten. Zwei elektrische Mengen, z. B. auf Metallkügelchen gebracht, wirken danach thatsächlich umgekehrt proportional dem Quadrat der Entfernung; die Wirkung ist sonst den elektrischen Mengen proportional.

In dieser Richtung, unter dem Bilde der Newton'schen Gravitation, unter Zugrundelegung der übersinnlichen Vorstellung einer Fernwirkung, hat sich dann bis in dieses Jahrhundert die Elektricitätslehre entwickelt. Die Wirkung von elektrischen Strömen auf Magnete, die Wirkung von elektrischen Strömen aufeinander hat man immer versucht in die Form der Newton'schen Gravitationswirkung hinein zu zwängen. Bis zu einem gewissen Grade liess sich das Bild aufrecht erhalten,

aber die aufgestellten Elementargesetze wurden doch immer verwickelter, wunderbarer und damit unwahrscheinlicher. F. Neumann's Entdeckung, nach der die Wirkung geschlossener Ströme ein viel einfacheres Gesetz befolge, als die Wirkung von Stromelementen, konnte als das erste Anzeichen dafür gelten, dass man sich vielleicht schon zu lange von dem Newton'schen Bilde der Gravitation hatte leiten lassen, wenngleich Neumann diese Analogie noch nicht aufgeben wollte.

Es sind heute durch Forschungen, welche an die Namen Faraday und Maxwell knüpfen, ganz andere Werkzeuge geschaffen, durch welche wir hoffen können, den elektrischen Erscheinungen näher zu treten; und damit sind neue Vorstellungen eröffnet, von denen man hoffen kann, dass sie nun ihrerseits wieder Bilder und Sprache für die Forschung abgeben möchten.

Hand in Hand mit diesen Aenderungen der Richtung der Forschung lassen sich in der Geschichte und Entwickelung andere Wandlungen unserer naturwissenschaftlichen Anschauungen nachweisen. Kraft und Stoff, das waren die Schlagworte naturwissenschaftlicher Forschung, das waren die Schlagworte einer materialistischen Weltanschauung geworden. Die Atome und die zwischen diesen wirkenden Kräfte: das war das mechanische Bild, unter dem man hoffte das Universum erfassen zu können. So wurde denn diesem Bilde zu Liebe ein Stoff nach dem anderen geschaffen, der Wärmestoff, der Lichtstoff, der elektrische, der magnetische Stoff, für jeden wurden seine Kräfte untersucht. Das war die Sprache, der man sich bediente, die Terminologie, die man sich schuf; das waren die Vorstellungen, die man versuchte in die Welt der Erscheinungen hineinzulegen.

Aufgegeben sind zu einem grossen Theile diese Vorstellungen, geblieben ist hie und da die Sprache, weil sie durchgearbeitet sich noch für manche Zwecke bequem erwies. Das Naturgesetz unseres Jahrhunderts, das Gesetz von der Erhaltung der Kraft (Energie) kennt diese verschiedenen Stoffe, den Wärmestoff, den elektrischen und magnetischen Stoff nicht mehr.

Für die Wissenschaft bedeuten diese Wandlungen viel,

aber doch nicht soviel, wie es sich der Laie vielleicht vorstellt. Man kann nicht sagen, das wäre ein falsches Bild, dass die Wissenschaft beständig ihre Gebäude zerstört und neu aufbaut. Die Arbeit der Generationen, die das alte Gebäude aufgeführt, war keine vergebliche; die Erfahrungen des alten Baus können beim Neubau vollauf benutzt und verwerthet werden. Wir lassen die alten Bauten stehen, diese alten Bauten sind und bleiben uns so werthvoll für die Geschichte unserer Wissenschaft, und der Vergleich der alten Bauten mit den neuen und neusten ist uns so werthvoll für die Erkenntnistheorie.

Fünfter und sechster Vortrag.

Isolation und Superposition.

Einleitende Bemerkungen über Isolation und Superposition. Vorausgesetzt ist ein zusammengesetztes Erfahrungsgebiet, an dem sich die Denkformen der Isolation und Superposition zu bethätigen haben. Die Schwierigkeit einer solchen Bethätigung wird an der Art der Naturbetrachtung des Alterthums und der eines Galilei erläutert; schon die im gewöhnlichen Leben auftretenden Bewegungserscheinungen sind keine einfachen Vorgänge.

Beispiele wissenschaftlicher Isolations- und Superpositionsbehandlungen: Das Studium der Erdtemperaturen in der Nähe der Erdoberfläche. Der Satz vom Parallelogramm der Kräfte und seine Anwendungen auf den Vorgang des Wurfs und der Planetenbewegung.

Das Verhältnis des Abstracten zum Concreten und die erkenntnistheoretische Stellung der Naturgesetze in Rücksicht auf dieses Verhältnis. Das Verhältnis von Theorie zu Praxis, von Schule zu Leben, von Wahrheit zu Irrthum.

Einige Bemerkungen über das Verhältnis von Akustik zu Musik, von Optik zu Malerei unter dem Gesichtspunkt der Isolation und Superposition als Grundlage für weitere Ausblicke.

Betrachtungen über Induction und Deduction, wie wir sie angestellt haben, sind keineswegs neu; neu war vielleicht die eine oder andere Perspective, die wir eröffnet. Dagegen dürfte der Gegenstand der folgenden Vorträge manches Neue bieten; nicht dass die erkenntnistheoretischen Denkformen, welche ich mit den Namen I s o l a t i o n und S u p e r p o s i t i o n zu bezeichnen vorschlage, und welche ich als solche zu erklären haben werde, Induction und Deduction ausschliessen; es handelt sich hier mit um Denkformen, an denen sich Induction und Deduction bethätigt, es handelt sich um Denkformen, welche dem Denken

eine gewisse Richtung anweisen, in der sich Induction und Deduction hervorragend zu bethätigen haben. Manche Thatsachen und Gedanken werde ich aus den bisherigen Vorträgen zu wiederholen haben, aber wo ich es thue, geschieht es, um auf eine neue Seite hinzuweisen.

Voraussetzung für die folgenden Betrachtungen ist, dass ein zusammengesetztes Erfahrungsgebiet vorliegt. Eine solche Voraussetzung wird vielleicht nicht immer zugegeben werden. Der Auffassung, dass etwas Zusammengesetztes vorliegt, steht das gegenüber, was man eine einheitliche Auffassung nennt: das Bestreben aus einem Princip Alles abzuleiten. Nur in den seltensten Fällen tritt uns die Natur mit ihrer Fülle von Erscheinungen einheitlich gegenüber, in der Mehrzahl der Fälle trägt die Erscheinungswelt im Gegentheil einen durchaus zusammengesetzten Charakter. Entspricht diese Auffassung dem äusseren Thatbestande, dann wird es eine der Aufgaben unserer Erkenntnis sein müssen, die Erscheinungen, wie sie sich bieten, aus einer Reihe von Theilerscheinungen zusammengesetzt aufzufassen und zunächst diese Theilerscheinungen in ihrer Reinheit zu studiren. Erst wenn wir wissen, welchen Antheil jeder Umstand einzeln an der Gesammterscheinung trägt, dann beherrschen wir das Ganze, oder haben wenigstens die Mittel dazu, es beherrschen zu können.

Es handelt sich im Folgenden um die erkenntnistheoretische Betrachtung zweier Fähigkeiten: die Fähigkeit zusammengesetzte Erscheinungen richtig und logisch erlaubt zerlegt zu denken, beziehungsweise zu zerlegen, und die Fähigkeit einfache Wirkungen richtig und logisch erlaubt zusammengesetzt zu denken, beziehungsweise zusammenzusetzen. In Ermangelung einer besseren Bezeichnung bringe ich dafür die kurze Ausdrucksweise in Vorschlag: die Fähigkeit zu isoliren und zu superponiren, die Fähigkeit der Isolation und der Superposition. Ich will auf diese Bezeichnungsweise nicht allzuviel Werth legen, aber ich halte sie für zweckmässig, zweckmässiger z. B. als Analyse und Synthese, zumal mit diesen Begriffen schon ein anderer Sprachgebrauch verknüpft ist.

Ich werde diese Worte, diese Begriffe zunächst klar zu machen haben. Das kann genau wie bei den Begriffen Induction und Deduction des vorigen Abschnitts nicht auf einmal geschehen, die Bedeutung kann nur Schritt für Schritt vorbereitet werden und soll wieder an der Hand von Beispielen ihre Befestigung erlangen.

Das Wort Isolation, Isolirung findet wohl auch sonst erkenntnistheoretische Verwendung, es bedeutet soviel wie Vereinzelung. Die Thätigkeit des Isolirens setzt gemeinhin das voraus, was man die Fähigkeit zu abstrahiren d. h. von anderen Merkmalen absehen, abziehen zu können nennt. Wenn ich sage: Alle Körper sind schwer, dann concentrire ich die Aufmerksamkeit auf die Eigenschaft der Körper, welche man Schwere nennt, ich sehe ab von allen anderen Eigenschaften, der Farbe, der Ausdehnung, der Härte. Mein Interesse ist einzig der Eigenschaft der Schwere zugewandt; die Schwere der Körper ist das, was ich im vorliegenden Fall das Isolationscentrum meines Interesses nennen kann.

Das Wort Superposition scheint bisher weder als Bezeichnung noch inhaltlich erkenntnistheoretisch genügend verwerthet; es ist dem Sprachgebrauch der Mechanik und Physik entnommen. Es heisst soviel wie übereinander stellen, setzen, legen, lagern. Wir können bei diesem Begriff, den wir uns schaffen, die Vorstellung zu Grunde legen, dass, wenn verschiedene Kräfte auf einen Körper wirken, die Einzelwirkungen sich zu einer gemeinsamen Wirkung zusammensetzen. — Wir kommen auf dieses Beispiel, das wir für die Vornahme des Isolations- und Superpositionsprocesses in mancher Hinsicht als typisch zu Grunde legen können, und welches unter dem Namen Satz vom Parallelogramm der Kräfte bekannt ist, noch ausführlicher zurück.

Beide Begriffe, Isolation und Superposition bedingen sich gegenseitig; sie stehen zu einander in einem gewissen Gegensatz und können daher erst vollständig im Zusammenhang mit einander erfasst werden. Wie bei den Denkformen der Induction und Deduction Alles darauf ankam, die Denkobjecte in

dem erkenntnistheoretischen Wechselspiel von Voraussetzung und Folge aufzufassen, so kommt bei den Denkformen der Isolation und Superposition Alles darauf an, die Denkobjecte in dem erkenntnistheoretischen Spiel von Zerlegung und Zusammensetzung zur Darstellung zu bringen.

Die Denkformen der Isolation und Superposition gehören zu den vornehmlichsten, unter denen sich die Begreifbarkeit der Natur darstellt[1]). Was von zusammengesetzten Erscheinungen unter diesen Denkformen noch nicht aufgefasst werden konnte, ist noch nicht begriffen.

An naturwissenschaftlichen Gegenständen geübt, gestatten diese allgemeinen Denkformen nach naturwissenschaftlichem Vorbild in allen Gebieten der Wissenschaft und des Lebens eine schnelle Orientirung anzubahnen, ungeordnetes und complicirtes Erscheinungsmaterial beherrschen zu lernen und Anderen geordnet und verständlich zu vermitteln.

So nah die Auffassung von dem zusammengesetzten Charakter der Erscheinungen dem heutigen Naturforscher liegt, so fern lag diese Auffassung der Naturbetrachtung des Alterthums, so wenig kann der Laie sich selbst heute davon losmachen. Ich habe schon am Anfang meines ersten Vortrags darauf Bezug genommen, wie man sich der Natur in der verschiedensten Weise gegenüberstellen kann. Ich sagte: das Alterthum stellte sich durchaus ästhetisch, künstlerisch der Natur gegenüber; eine solche künstlerische Betrachtung der Natur will — das liegt in ihrem Wesen — eine durchaus einheitliche sein, eine Zerlegung in Elemente widerstrebt ihr; die zerstört ja gerade das, was geeignet ist, ein freies Wohlgefallen zu erregen und damit ästhetisch zu befriedigen.

Aber auch zugegeben, dass die Erscheinungen um uns herum in der Mehrzahl einen zusammengesetzten Charakter

1) Man sehe die Ergänzungen und Zusätze am Ende der Schrift unter „Superposition“.

tragen, dann erhebt sich die Frage, wo sind denn die einfachen Erscheinungen, die wir zunächst zu studiren haben, um auf sie die zusammengesetzten Erscheinungen des Lebens und der Wirklichkeit zurückführen zu können. Darin liegt von vorneherein eine grosse Schwierigkeit für die Erkenntnis, die Erscheinungen auszuwählen, welche als einfache aller Naturforschung zu Grunde zu legen sein werden.

Das Alterthum antwortete: die Erscheinungen des Lebens sind die einfachsten; sie galten als geeigneter Ausgangspunkt z. B. für die Bewegungserscheinungen, welche das gewöhnliche Leben uns darbietet. Warum hört der Stein auf zu fliegen? diese Frage wirft Plato auf, und er antwortet darauf, weil er müde wird. Welche Bewegung ist die vollkommenste? das war eine andere beliebte Fragestellung, deren Einfluss sich noch bis auf Copernicus nachweisen lässt, und die Antwort war darauf: die Bewegung im Kreise, wie sie die scheinbare tägliche Bewegung des bestirnten Himmels uns vorführt. So ist denn das Streben der drei bekannten Weltsysteme des Ptolemäus, Copernicus, Tycho de Brahe immer darauf gerichtet, die räthselhafte Bewegung der Planeten auf kreisförmige Bahnen zurückzuführen, oder wo es auf der Hand lag, dass die einfache kreisförmige Bahn nicht zum Ziele führt, da sollten die Bahnen sich wenigstens aus Kreisen herleiten lassen, sie sollten durch Curven darstellbar sein, wie sie durch Rollen von Kreisen auf Kreisen entstehen, und wie sie unter dem Namen Epicykeln bekannt sind.

Es waren lediglich ästhetische Gesichtspunkte, oder es waren gar nur Einbildungen, welche den Ausschlag gaben für das, was für einfach ausgegeben wurde, darin lag das eine Hindernis für jeden Fortschritt, und das andere lag darin, dass die Bewegungserscheinungen des gewöhnlichen Lebens keine einfachen Erscheinungen sind. Nehmen wir das Bild eines von Pferden gezogenen Wagens: kommt es uns nicht fast selbstverständlich vor, dass der Wagen solange in Bewegung bleibt, als die Pferde anziehen, dass er aufhört zu fahren, wenn die Pferde nicht mehr ziehen? Sind wir nicht geneigt, diesen Vorgang

für einen einfachen und keineswegs für einen zusammengesetzten zu halten?

Sie werden jetzt die Grösse der Geistesthat eines Galilei ermessen können, welcher allenthalben, im gewöhnlichen Leben und in der Bewegung der Gestirne keinen einfachen, sondern einen zusammengesetzten Vorgang erblickte, und welcher als einfachste, naturgemässe Bewegung, welche keine Frage nach dem „Warum" in uns rege macht, die Bewegung in gerader Linie mit gleichförmiger Geschwindigkeit proklamirte. Das Galilei'sche Trägheitsgesetz ist so ein bedeutsames Isolationsprincip.

Erblicken wir irgendwo Bewegungszustände mit ungleichförmiger Geschwindigkeit, oder in anderer als in geradliniger Bahn, so wird die Frage nach dem Warum in uns angeregt. Es sind — so drücken wir uns aus — Kräfte, welche hier mitspielen — ich erinnere an die Newton'sche Kraft, die zusammen mit der Galilei'schen Trägheit einen Einblick in die Planetenbewegung gestattet.

Aber auch die gleichförmigen Bewegungen in gerader Linie auf der Erdoberfläche, so sehr sie dem Inhalt des Galilei'schen Trägheitsgesetzes zu entsprechen scheinen, sind keine einfachen Vorgänge. Wir sehen hier ja, dass Kräfte im Spiel stehen, die Bewegung zu unterhalten: die Pferde, welche unseren Wagen anziehen. Wir werden also auf Grund der Galilei'schen Anschauung uns hier die Vorstellung bilden müssen, dass andere Kräfte entgegenwirken, welche die gleichförmige Bewegung zum Resultat haben. Welches aber sind diese Gegenkräfte?

Nehmen Sie einen Wagen auf absolut glattem Boden, nehmen Sie als Annäherung einen Wagen auf Schienen, denken Sie an die Eisenbahn. Ist ein Eisenbahnzug in voller Fahrt, und wird innerhalb der Lokomotive die treibende Kraft des Dampfes abgesperrt, was wird geschehen? Der Zug wird sich anfangs mit nahezu gleicher Geschwindigkeit fortbewegen, er wird es auf Grund der Trägheit thun.

Welches aber ist hier der Unterschied gegen den mit

Pferden bespannten Wagen, der sich auf unserem Strassenpflaster bewegt, und der sofort stillsteht, wenn die Pferde zu ziehen aufhören? Es ist kein anderer Unterschied, als dass sich der Eisenbahnwagen auf Schienen nahezu reibungslos, der Wagen auf der Strasse mit sehr starker Reibung bewegt. Reibung ist aber eine Kraft, die mit jeder nicht ganz freien Bewegung untrennbar verbunden und stets der Bewegung entgegengerichtet ist.

Sie sehen, es sind keine ganz naheliegenden Betrachtungen, welche uns einen tieferen Einblick in die alltäglichen Bewegungsvorgänge auf unserer Erdoberfläche gestatten.

Sehr lehrreich ist als Beispiel der Fall der Körper zur Erde. Lassen wir verschieden schwere Steine etwa von einem Thurme zur Erde fallen, so bemerken wir bald, dass sie im Wesentlichen gleich schnell fallen, oben gleichzeitig losgelassen, kommen sie unten gleichzeitig an. Das scheint ein einfaches Gesetz, wie es von Galilei näher erforscht ist, das Fallgesetz. Aber nun gehen Sie zu leichteren und leichteren Körpern über, denken Sie an das Fallen von Papierschnitzeln, von Schneeflocken zur Erde, und Sie bekommen ganz unregelmässige Resultate, welche nur darin übereinstimmen, dass der Fall jetzt sehr langsam vor sich geht.

Welche Anschauung sollen wir uns nun bilden diesem verschiedenen Verhalten der leichten und schweren Körper gegenüber beim Fall der Körper? Nun jedenfalls die, dass wir eine zusammengesetzte Erscheinung vor uns haben. Beachten wir, dass bei leichten Körpern, wie Schneeflocken und Papierschnitzeln die Oberfläche der Körper im Verhältnis zu ihrem Gewicht eine grosse ist, so lenkt eine isolirende Betrachtungsweise unsere Aufmerksamkeit auf die umgebende Luft als Widerstand leistendes Medium. Wir werden veranlasst, Fallversuche in luftleeren Glasröhren anzustellen, und der Erfolg zeigt, dass hier, im luftleeren Raum, auch die leichtesten Körper ebenso schnell wie schwere fallen.

Nicht immer ist es uns, wie im vorliegenden Fall vergönnt, den Process der Isolation experimentell stützen zu

können. Natürlich ermuthigt und erleichtert es uns in unserem isolirenden Denkprocess fortzuschreiten, wenn Experimente unsere Anschauungen bekräftigen können. Wo solche versagt sind, wird unsere Abstractionsfähigkeit um so stärker in Anspruch genommen. Und von diesem Standpunkt darf ich Ihnen wohl noch einmal die grosse That eines Galilei, die Aufstellung des Trägheitsgesetzes in Erinnerung rufen, ein Isolationsprocess, dem in voller Reinheit eine experimentelle directe Stütze sogut wie versagt ist.

Ich gehe nun dazu über, an einigen grösseren Beispielen die Formen der Isolation und Superposition zu erläutern, um eine Grundlage für allgemeinere Betrachtungen zu gewinnen, die dann angeschlossen werden sollen. Das erste Beispiel knüpfe ich an die Betrachtung der Wärmebewegungen in der Nähe der Erdoberfläche.[1])

Die Vorgänge, welche zum Studium der Bodentemperaturen auffordern, sind sehr einfacher Art. Auf den Boden in der Nähe der Erdoberfläche wirken beständig Temperatureinflüsse ein; solche Einwirkungen finden von innen und von aussen statt; mit einer gewissen Geschwindigkeit durchwandern diese Wirkungen das Innere in der Nähe der Erdoberfläche und weisen in jedem Moment ihre Spuren in einem verhältnismässig dicht zusammengedrängten Raume auf. Die Einwirkungen von aussen interessiren hauptsächlich die Meteorologie, die von innen hauptsächlich die Geologie.

Theoretisch sind uns drei Arten bekannt, auf welchen Wärmewanderungen und damit Temperaturänderungen vor sich gehen: Wärmestrahlung, Wärmeleitung und Wärmeconvection. Wärmestrahlung — denken Sie an die Sonnenstrahlung und die Strahlung des wärmenden Ofens — ist eine Uebertragung

1) Die nachfolgende Darstellung schliesst sich an meinen Aufsatz: „Ueber die Bedeutung des Studiums der Bodentemperaturen, ein Beispiel wissenschaftlicher Methodik.“ Himmel und Erde. April 1894. Auch separat erschienen unter der Sammlung populärer Schriften herausgegeben von der Gesellschaft Urania zu Berlin, Nr. 26.

der Wärme in die Ferne von einem Körper zu einem anderen, ohne dass daran der zwischen liegende Raum sichtlich Antheil nimmt. Wärmeleitung — denken Sie an die Bewegung der Wärme von den Innenflächen des Ofens an die Aussenflächen — ist eine stetige, von Ort zu Ort wirklich wahrnehmbare Uebertragung der Wärme, ohne dass die Materie, an welche die Wärme gebunden ist, an dieser Bewegung theilnimmt. Unter Wärmeconvection — denken Sie an die Erscheinungen der warmen und kalten Winde, der Meeresströmungen — versteht man die mechanische Fortführung von Wärme sammt der Materie, an der die Wärme haftet. Alle drei Arten werden für das Studium der Bodentemperaturen in der Nähe der Erdoberfläche in Betracht zu ziehen sein.

Die Einwirkungen auf die Oberfläche der Erde selbst sind zunächst bedingt durch Strahlungs- und Convections-Erscheinungen. Wir haben einmal der Wärmestrahlung zu gedenken, die wir der Sonne verdanken, wie sie sich nicht nur durch die verschiedene Stellung der Sonne nach den Tages- und Jahreszeiten, sondern auch je nach dem Bewölkungszustand der Atmosphäre in der mannigfaltigsten Weise gestaltet; wir haben weiter der Wärmeausstrahlung der Erdoberfläche zu gedenken, wie sie in der Differenz der Erdtemperatur mit dem Weltraum ihre Ursache hat. Auch diese Wärmestrahlung ist in hervorragendem Grade durch den Bewölkungszustand der Atmosphäre bedingt; es ist bekannt, dass klare, wolkenlose Nächte eine bedeutende Abkühlung zur Folge haben, während Nebel- und Wolkenbildung wie ein Kleid die untere Atmosphäre warm halten. — Die Convections-Erscheinungen, welche auf die Erdoberfläche einwirken, sind die Niederschläge, wie wir sie in Form von Regen und Schnee in Betracht zu ziehen haben; auch Winde und Luftströmungen wirken im Sinne einer Convection.

Die Einwirkungen auf die unterhalb der Erdoberfläche gelegenen Schichten setzen sich aus Leitungs- und Convectionserscheinungen zusammen. Wärmeleitung findet sowohl von der Oberfläche nach dem Inneren, wie aus dem Inneren nach

der Oberfläche statt. Wärmeconvection findet in Folge des Eindringens von atmosphärischen Niederschlägen von der Oberfläche aus, und in Folge der Aenderungen des Grundwasserstandes von unten aus statt. Wasser von gewisser Temperatur dringt von der Erdoberfläche in das Innere mehr oder weniger tief, schneller oder langsamer ein, je nachdem der Erdboden mehr durchlässig ist, wie bei Sand, oder weniger durchlässig, wie bei Thon und Lehm. Eine auf der Oberfläche lastende Schneemasse wirkt zunächst für die tieferen Schichten nicht convectiv, sie thut es erst beim Schmelzen im Frühjahr.

Um ganz vollständig zu sein, haben wir endlich noch des Eindringens des Frostes in das Erdreich zu gedenken, welches die Wärmewanderungen vorübergehend modificirt.

Das ist das verhältnismässig verwickelte, jedenfalls zusammengesetzte Bild der Erscheinungen, welches sich uns bei näherem Nachdenken darbietet. Wärmeleitung, Wärmestrahlung und Wärmeconvection haben wir dabei als die wesentlichen Isolationselemente erkannt, welche für das Studium der Bodentemperaturen in Betracht kommen. Die Wirkungen dieser elementaren Vorgänge lagern sich übereinander. Nun kommt für Bodenarten, wie wir sie z. B. in Königsberg haben, ein wesentlicher Gesichtspunkt in Betracht. Wir haben hier in Königsberg wenig durchlässigen Boden — eine Folge ist ja unser bekannter, leider unvermeidlicher Strassenschmutz. Es werden in Folge dessen von einer Tiefe von circa einem Meter an bis zu den Grundwasserständen die Wärmebewegungen nur in reinen Leitungsvorgängen bestehen; auf diese wollen wir unser Interesse concentriren, von ihnen uns ein Bild entwerfen.

Unser Princip der Superposition ergiebt nun die bemerkenswerthe Thatsache, dass diese verschiedenen nachweisbaren Leitungsvorgänge der Wärme sich gegenseitig nicht stören, dass sie sich unter einander nicht verdecken, sondern überdecken. Es gestattet umgekehrt rückwärts die Möglichkeit, die gesammte, der Beobachtung zugängliche Wärmeleitung in ihre naturgemässen Bestandtheile zu zerlegen und jeden einzeln für sich zu durchforschen.

Wir fassen zunächst die Wärmebewegung, welche in der Richtung von der Oberfläche nach dem Centrum stattfindet, für sich in's Auge; sie wird durch die Strahlung der Sonne auf die Erdoberfläche eingeleitet, und trägt daher insofern einen besonderen Charakter, als sie periodisch mit der Zeit vor sich geht. Wir können die strahlende Einwirkung der Sonne einmal vom Standpunkt der Jahresperiode, dann vom Standpunkt der Tagesperiode auffassen. Beobachtung und Theorie der Wärmeleitung lehren nun, dass eine solche periodisch stattfindende Wärmewirkung um so schwächer aber zugleich um so schneller eindringt, je kürzer die Periode ist, um so stärker aber zugleich um so langsamer eindringt, je länger die Periode ist. Je länger die Periode um so nachhaltiger die Wirkung!

Es mögen zur Anschauung die aus den Beobachtungen in Königsberg folgenden Resultate über mittlere Stärke und Schnelligkeit des Vordringens der Jahreszeiten in das Erdinnere folgen:

Königsberger Erdthermometer-Station 1873—86.

Tiefe	Jahres-Schwankung	Eintritt des Maximums
2′	17,5° C.	2. August
4′	13,9	15. August
8′	9	8. September
16′	3,9	26. October
24′	1,7	14. Dezember.

In der ersten verticalen Reihe befinden sich in preussischen Fuss (1′ = 0,314 Meter) die Tiefen, für welche die Angaben in jeder horizontalen Reihe gelten; in der zweiten verticalen Reihe die Grösse der Jahresschwankung in Celsius Graden, also die Differenz zwischen den grössten und kleinsten Temperaturangaben, in der dritten verticalen Reihe die Angaben des Tages, an dem im Mittel die höchste Jahrestemperatur eintritt.

Wir können diesen Daten entnehmen, dass für Königsberg die jährliche Schwankung von $^1/_{10}{}^0$ C. etwa in der Tiefe

von 10 Metern, die jährliche Schwankung von $^1/_{100}{}^0$ C. etwa in der Tiefe von 22 Metern stattfindet. In diesen Tiefen besteht also für alle Jahreszeiten so gut wie gleichförmig dieselbe Temperatur. Die Jahresperiode rückt mit einer Geschwindigkeit von 5 Centimeter pro Tag oder von 18,7 Meter pro Jahr in die Tiefe. Wir können also sagen, dass sich im Erdinnern der Temperaturverlauf einer Jahresperiode gerade noch nachweisen lässt.

Das Eindringen der Tagesperiode befolgt ganz gleiche Gesetze, wie das Eindringen der Jahresperiode, es geht nur, wie schon oben bemerkt wurde, schneller und weniger intensiv vor sich. Für Königsberg rückt die Tagesperiode mit einer Geschwindigkeit von 4 Centimetern pro Stunde, also circa ein Meter pro Tag vor, in dieser Tiefe wird aber bereits die tägliche Schwankung unmerklich.

Ueber diese Wärmebewegungen, welche periodisch und mit abnehmender Stärke dem Erdinnern zuwandern, lagert sich, nach den Grundsätzen der Isolation und Superposition gesondert erkennbar, eine Wärmebewegung in entgegengesetzter Richtung von Innen nach Aussen:

Es ist bekannt, dass die Temperatur des Erdinnern viel höher, wie die in der Nähe der Erdoberfläche ist. Die mit der Tiefe zunehmende Temperatur ist es, welche dem Vordringen des Menschen in die Tiefe — beim Bergbau — eine Grenze setzt; sie deutet auf eine Wärmebewegung in der Richtung vom Centrum nach der Oberfläche; sie tritt in ihrer Reinheit besonders in grösseren Tiefen (grösser als 20 Meter) deutlich auf, und beträgt im Durchschnitt auf etwa 30 Meter 1^0 Celsius. Als ihre Wirkung haben wir die durch Ausstrahlung in den Weltenraum bedingte säculare Abkühlung der Erde anzusehen, auf welche ich in meinem siebenten Vortrag Veranlassung nehmen werde zurückzukommen.

Dem vorliegenden Beispiel, welches die Bewegung der Erdwärme in der Nähe der Erdoberfläche betraf, charakteristisch war die Zusammensetzung und Zerlegung von Wirkungen,

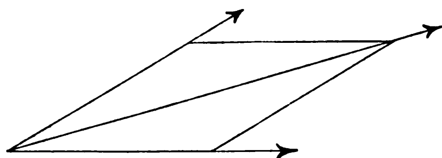
welche in derselben Richtung vor sich gehen. Aber unser Princip der Superposition und Isolation geht weiter, es bezieht sich auch auf die Zusammensetzung und Zerlegung von Wirkungen, welche in verschiedenen Richtungen vor sich gehen.

Die bekannte Regel, nach der in der Physik die Wirkungen von Kräften auf einen und denselben Körper sich zusammensetzen, findet ihren Ausdruck in dem Satz von dem Parallelogramm der Kräfte.[1]) Dieser Satz ist nichts anderes als ein Ausdruck des Princips der Superposition. Vergegenwärtigen wir uns seinen Inhalt: Wir verstehen in diesem Satz unter Kraft das, was wir besser Wirkung nennen, und wir veranschaulichen uns eine Wirkung nach Richtung und Grösse durch eine begrenzte Linie. Liegen nun zwei Kräfte vor, die auf denselben Körper wirken, und veranschaulichen wir uns solche durch zwei Linien, die von dem Körper als Angriffspunkt ausgehen, so denken wir uns durch diese beiden Linien eine Ebene gelegt; in dieser Ebene zeichnen wir. Wir können mit Hülfe dieser Linien uns ein Parallelogramm

1) Ich halte dafür, dass das Parallelogramm der Kräfte eines der schönsten Beispiele für den Superpositionsprocess ist. Ich habe nachträglich gefunden, dass gerade das Parallelogramm der Kräfte auf den Entwicklungsgang von Mill's Logik von hervorragendem Einfluss gewesen ist; man vergl. J. St. Mill's Selbstbiographie, aus dem Englischen von Dr. C. Kolb Stuttgart 1874 S. 132. ... „Da ich von meinem Vater und Hobbes gelernt hatte, abstracte Principien an der Hand der besten concreten Beispiele zu studiren, die ich finden konnte, so fiel mir ein, dass die Zusammensetzung der Kräfte den vollständigsten Beleg für den logischen Process, welchem ich nachforschte, geben dürfte" ... Die betreffenden Auseinandersetzungen in Mill's System der deductiven und inductiven Logik finden sich im 6. Capitel seiner Logik.

Es wird für den naturwissenschaftlichen Laien von Vortheil sein, darauf aufmerksam gemacht zu werden, dass die Terminologie „Satz vom Parallelogramm der Kräfte" ebenso wenig glücklich ist, wie Mill's Terminologie von der „Zusammensetzung der Ursachen". Es handelt sich nicht darum, Kräfte oder Ursachen zusammenzusetzen, sondern vielmehr die Aeusserungen und Wirkungen der Kräfte oder Ursachen zusammenzusetzen. Am Anfang des Schlussvortrags komme ich auf Missverständnisse zurück, die diese Terminologie hervorgerufen hat. Kräfte und Ursachen wirken stets für sich getrennt fort.

zeichnen d. h. ein Viereck, dessen gegenüberliegende Seiten gleich und parallel sind; ziehen wir in diesem Parallelogramm vom Angriffspunkt der beiden Kräfte aus die Diagonale, so besagt der Satz vom Parallelogramm der Kräfte, dass die Diagonale nach Richtung und Grösse die thatsächlich eintretende Wirkung der beiden Kräfte auf den Körper giebt, die Resultante.



Diese Regel lässt sich beliebig verallgemeinern. Wirken drei Kräfte auf einen Angriffspunkt, so wird man im Allgemeinen aus den drei Linien, welche nach Richtung und Grösse die Wirkungen der Einzelkräfte darstellen, ein Parallelepiped construiren können, d. h. einen Körper mit sechs Seitenflächen, von denen die beiden gegenüberliegenden Seitenflächen immer gleich und parallel sind. Die Diagonale vom gemeinsamen Angriffspunkt in diesem Parallelepiped stellt nach Richtung und Grösse die thatsächlich eintretende Wirkung der drei Kräfte auf den Körper dar, die Resultante.

Wie aber verfährt man, wenn man mehr wie drei Kräfte in ihren Wirkungen zusammenzusetzen hat? Nun, dazu haben wir zunächst den Begriff der Zerlegung der Kraft nach Componenten einzuführen. Die Zerlegung einer Kraft nach ihren Componenten ist die umgekehrte Betrachtungsweise, wie die Zusammensetzung von Kräften zu einer Resultante. Haben die Richtungen der Componenten besondere physikalische Bedeutung, so kommt die Zerlegung nach einer Componente einem physikalischen Isolationsprocess gleich; aber auch im Falle die Richtung keine besondere physikalische Bedeutung hat, ist die isolirende Zerlegung der Kraft nach dieser Richtung mathematisch durchaus berechtigt und führt zu keinem inneren Widerspruch.

Hat man eine Kraft, so kann man dieselbe auf diese Weise als Diagonale einer unzähligen Menge von Parallelepipeda oder Parallelogrammen auffassen z. B. auch von recht-

winkligen Prismen oder Rechtecken. Die Seiten dieser unzähligen Parallelepipeda oder Parallelogramme sind sämmtlich mögliche Componenten unserer Resultante. Wir bevorzugen bei einer solchen Zerlegung entweder physikalisch ausgezeichnete Richtungen, oder der Einfachheit der Rechnung wegen irgend drei auf einander senkrechte Richtungen.

Bleiben wir bei der Zerlegung einer Wirkung nach drei aufeinander senkrechten Richtungen stehen, so können wir bei einer beliebig gegebenen Anzahl von Wirkungen, welche wir zusammensetzen sollen, zunächst alle diese Wirkungen nach denselben drei auf einander senkrechten Richtungen uns zerlegt denken. Wir erhalten dann für jede der drei auf einander senkrechten Richtungen eine Summe von Componenten. Diese Summen von Componenten in derselben Richtung addiren sich einfach zu einer Gesammtcomponente, und wir haben schliesslich nur noch die drei zu einander senkrecht gerichteten Gesammtcomponenten mit Hülfe der Diagonale des Parallelepipeds (in diesem Falle rechtwinkligen Prismas) zusammenzusetzen.

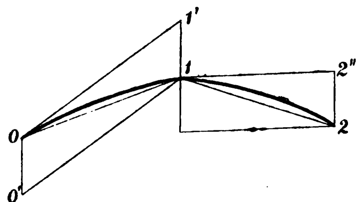
Was ich hier ausführlich von der Zusammensetzung und Zerlegung von Kräften oder vielmehr von Wirkungen der Kräfte berichtet habe, das gilt auch von einer Reihe von anderen Grössen in der Physik. Sie können z. B. mit Wegen, Geschwindigkeiten, Beschleunigungen genau ebenso rechnen. Die Betrachtungsweise ist immer dieselbe. Es handelt sich immer um gleichzeitig stattfindende Einzelwirkungen und ihre Zusammensetzung zu der gleichzeitig eintretenden resultirenden Wirkung, und umgekehrt um eine resultirende Wirkung und ihre Zerlegung in die gleichzeitig stattfindenden Componenten.

Die strenge Betrachtung ist wieder eine infinitesimale. Es liegt die Vorstellung zu Grunde, dass es für sehr kurz dauernde, in einem Zeitelement stattfindende, Einzelwirkungen gleichgültig ist, ob die Einzelwirkungen gleichzeitig stattfinden oder nacheinander. So richtig diese zusammensetzende und zerlegende Betrachtungsweise für Zeitelemente ist, so falsch wäre sie in den meisten Fällen für endliche Zeitstrecken.

Jedenfalls werden wir daran festzuhalten haben, dass das Aufsuchen der Componente eines zusammengesetzten Processes, einer zusammengesetzten Wirkung ein Isolationsprocess, das Aufsuchen der Resultante aus den einzelnen Componenten ein Superpositionsprocess ist.

Der Satz vom Parallelogramm der Kräfte, wie ich ihn vorgetragen habe, sollte mehr als Veranschaulichung einer Regel dienen, wie das Isolations- und Superpositionsprincip aufzufassen ist, im Falle es sich um Wirkungen in ungleicher Richtung handelt. Ich füge als Beispiele hier an: *die Betrachtung des Wurfs und der Planetenbewegung*, um die letzten etwas abstracten Betrachtungen über das Parallelogramm der Kräfte zu beleben und näher zu bringen.

Ich werfe einen Ball, indem ich ihm in einer gewissen Richtung eine Geschwindigkeit ertheile. Nach dem *Galilei*'schen Trägheitsgesetz würde er, sich selbst überlassen, mit dieser Geschwindigkeit in derselben Richtung weiter fortfliegen, aber nun wirkt die Schwere auf ihn; würde die Schwere allein wirken, so würde der Stein nach den bekannten Fallgesetzen vertical nach unten fallen, er würde in der ersten Secunde um etwa 5 Meter, in den zwei ersten Secunden um 20 Meter, in den drei ersten Secunden um 45 Meter fallen — die verticalen Fallräume, von Anbeginn der Bewegung gerechnet, nehmen proportional den Quadraten der Zeiten zu. Nun findet Beides statt: Trägheit und Wirkung der Schwere, und es entsteht die Frage, wie verträgt sich Beides, wie wirkt Beides zusammen?

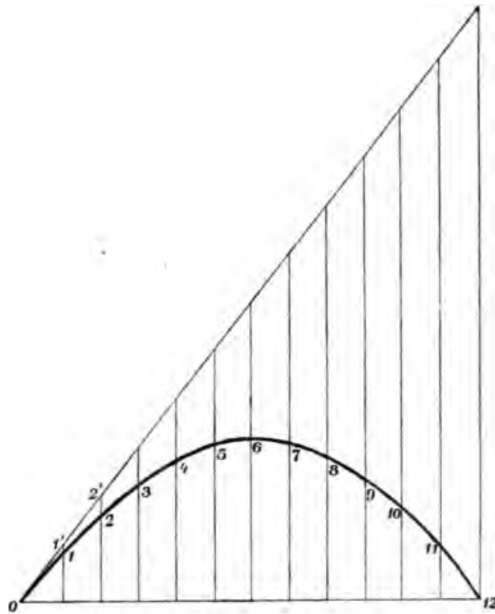


Unter dem ausschliesslichen Einfluss der Trägheit wäre der Ball in der ersten Secunde von 0 nach 1′ geflogen, unter Wirkung der Schwere hätte er sich von 1′ in einer Secunde um 5 Meter nach 1 gesenkt. Wir können auch in umgekehrter Reihenfolge sagen: Unter ausschliesslicher Wirkung der Schwere wäre der Ball in einer Secunde von 0 nach 0′ geflogen,

unter ausschliesslichem Einfluss der Trägheit hätte er sich von 0′ nach 1 bewegt. Beide Betrachtungen führen zu demselben Resultat, dass der zusammengesetzte Einfluss den Ball in der ersten Secunde nach 1 führt.

Von 1 aus, so können wir weiter schliessen, würde nun in Folge der Trägheit der Ball in der Richtung der Tangente weiter fliegen, in einer Secunde bis 2″, in Folge der Schwere senkt er sich in dieser Zeit wieder um 5 Meter, so langt er thatsächlich am Ende der zweiten Secunde in 2 an.

In dem vorliegenden Fall, in dem die Richtung der Kraft immer dieselbe bleibt, ist es nicht einmal nöthig, die Zerlegung in kurz auf einander folgende Vorgänge vorzunehmen; im Gegentheil wir erhalten eine einfache und genaue Construction der Wurfbahn, wenn wir bei der Zerlegung in den Vorgang der Trägheit und der Schwere immer auf den Ausgangspunkt des Wurfes zurückgehen.



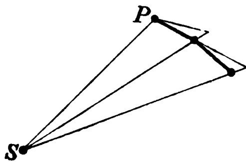
Es lässt sich dann die Betrachtung in folgender Weise fortführen: Unter ausschliesslicher Folge der Trägheit wäre der Ball in 2 Secunden von 0 nach 2′ geflogen, unter der Wirkung der Schwere hätte er sich aber in 2 Secunden von 2′ um 20 Meter, also um das 4fache Stück wie in der ersten Secunde, nach 2 gesenkt, der zusammengesetzte Vorgang führt den Stein also in 2 Secunden nach 2.

So können wir fortfahren. Die schräge Linie giebt die anfängliche Richtung des Wurfes und die darauf abgetragenen 12 Strecken entsprechen den nach dem Trägheitsgesetz in gleichen Zeiten zurückgelegten gleichen Wegen. Von den Endpunkten dieser Strecken sind vertical nach unten die nach dem Fallgesetz durchfallenen Fallräume entsprechend den Quadraten der Fallzeiten von Anfang der Bewegung an abgetragen; die Endpunkte, durch einen Curvenzug verbunden, geben die Wurfbahn — eine Parabel, wie der Mathematiker sie nennt. Der Widerstand der Luft ist hierbei nicht berücksichtigt.

In der veranschaulichten Weise kann man thatsächlich einen vollständigen Einblick in die Natur des Wurfes gewinnen und sich davon überzeugen, dass die gekrümmte Bahn des Wurfes dadurch zu Stande kommt, dass es wirklich zwei wesentlich getrennte Vorgänge sind, welche gleichzeitig zusammenwirken: die Trägheit und die Schwere.

Der Einblick in den Vorgang des Wurfs befähigt uns zur Auffassung schwierigerer zusammengesetzter Bewegungen z. B. zum Einblick in den Vorgang der Planetenbewegung. Nach Analogie der Betrachtung der Wurfbahn gehen wir auch hier davon aus, dass der Vorgang ein zusammengesetzter sein wird; er wird sich zusammensetzen aus der Trägheit der Planetenbewegung und aus einer Kraft. Das Trägheitsgesetz wird uns Anhaltspunkte dafür geben, wie wir eine solche Kraft in Ansatz zu bringen haben.

Unter ausschliesslichem Einfluss der Trägheit würde sich der Planet in einer Secunde in der Tangente der Bahn um ein Stück vorwärts bewegen. Was kann es sein, was den Planeten veranlasst nach der Sonnenseite davon abzuweichen? Wenn wir seinen Ort auf der geradlinigen Bahn mit der Sonne durch eine Gerade verbinden, so lehren die genauen Beobachtungen, dass der Planet sich nach einer Secunde in Wirklich-



keit gerade auf dem Schnittpunkt mit der Bahnellipse befindet: was liegt also näher, als in Ansatz zu bringen, dass in der Richtung der Verbindungslinie nach der Sonne hin eine Kraft wirkt. Es ist damit von einer anderen Seite der unsterbliche Gedanke Newton's klar gelegt, dass alle Himmelskörper gegen einander gravitiren, nicht nur der Gedanke, sondern die That, der wir schon wiederholentlich in früheren Vorträgen gedacht haben.

Ich hoffe die aufgeführten Beispiele werden genügen, den Charakter der erkenntnistheoretischen Formen der Isolation und Superposition hinlänglich zu erläutern. Ebenso wie wir früher an die allgemeinen erkenntnistheoretischen Formen der Induction und Deduction eine Reihe weiterer allgemein wissenschaftlicher Beziehungen und Begriffe anknüpften, so mögen auch jetzt die erkenntnistheoretischen Formen der Isolation und Superposition den Ausgangspunkt bilden, eine Reihe allgemeiner wissenschaftlicher Beziehungen und Begriffe zu erläutern: Wir wollen besprechen: die Beziehungen vom Abstracten zum Concreten, von Theorie zur Praxis, von Schule zu Leben, von Wahrheit zu Irrthum, von Denken zu Sein. Wir werden in unseren Untersuchungen theilweise zurückgreifen können auf Gegenstände, die wir schon erörtert haben, z. B. auf den Begriff des Naturgesetzes; aber es wird sich uns Gelegenheit bieten, diese Gegenstände von einer anderen Seite, von einem anderen Standpunkt anzusehen, und so zur Klärung schon gefasster Begriffe weitere Beiträge zu liefern.

Wir beginnen mit dem Verhältnis vom Abstracten zum Concreten. Abstractes, das ist das Abgezogene, das Begriffliche. Concretes, das ist das Zusammengewachsene, die Wirklichkeit. Dieses Verhältnis des Abstracten zum Concreten ist es, welches sich uns besonders deutlich unter der erkenntnistheoretischen Form der Isolation und Superposition darstellt und hier zunächst einer Besprechung bedarf.

Dem Naturforscher steht als Object eine bunte Mannigfaltigkeit, die Wirklichkeit, das Concrete gegenüber, welches zunächst geeignet erscheint, mehr zu zerstreuen als zu sammeln,

mehr zu verwirren, als zu klären. Um so mehr wird die Willenskraft in Anspruch genommen werden müssen, in aller Mannigfaltigkeit der Erscheinungen geistige Ruhepunkte zu finden, welche es ermöglichen von Verschiedenheiten abzusehen, zu abstrahiren, bei jeder Wiederholung das Gleiche, Unveränderliche vom Ungleichen, Veränderlichen zu sondern. Unwillkürlich verbindet sich damit die Vorstellung, das Gleiche, Unveränderliche für werthvoller und wesentlicher zu halten, als das Ungleiche und Veränderliche. Es entsteht die Forderung, das Gleiche, Unveränderliche in seiner Reinheit zu isoliren und so zum Gesetz fortzuschreiten.

Das Gesetz ist der wahre naturwissenschaftliche Begriff, das Abstractum; es begreift eine Summe von Erscheinungen unter einem Gesichtspunkt, dem der Isolation, der Abstraction. Die Aufstellung eines Gesetzes ist der Abschluss eines Isolationsprocesses, das Gesetz bleibt ein Ruhepunkt, ein Isolationscentrum der Forschung. Der Naturforscher, der ein Naturgesetz aufstellt, schafft einen Begriff; das nebensächliche Geschäft, diesen Begriff zu bezeichnen, ein Wort für diesen Begriff zu schaffen, ist lediglich nur eine Frage der Zweckmässigkeit.

Wir haben hier einen neuen Anhaltspunkt dafür gewonnen, was es eigentlich mit den Naturgesetzen auf sich hat. Wenn das Naturgesetz ein Abstractum, also ein Isolationscentrum ist, die Natur aber ein Concretum, ein Superpositum, dann werden wir auch nicht erwarten dürfen, dass es ein Naturgesetz giebt, welches das Universum in seiner Gesammtheit völlig begreift. Jedes Naturgesetz will die Natur, die Wirklichkeit nur nach einer Richtung, nach einem Gesichtspunkt begreifen, ohne dass damit andere Gesichtspunkte ausgeschlossen sein sollen.

Das Gesetz von der Erhaltung der Kraft (Energie) beherrscht das Planetensystem, aber doch nicht in der Weise, dass es schon allein für sich hinreicht, Alles auszusagen, was wir von der Bewegung des Planetensystems wissen; es enthält nur nach einer Richtung eine Aussage — ein Aussage, deren

Richtigkeit sich auch bei ganz anderen Erscheinungsclassen wiederfindet, ja deren Richtigkeit für das Universum besteht — aber damit wird ebenso doch noch lange nicht das erschöpft, was im Universum vor sich geht. Das Newton'sche Gravitationsgesetz beherrscht auch das Planetensystem, es genügt dem Gesetz von der Erhaltung der Kraft, sagt aber für den vorliegenden Fall der Planetenbewegung mehr aus, als das Gesetz von der Erhaltung der Kraft; andererseits lässt es sich aber auch nicht so universell ausdehnen auf das Universum, wie das Gesetz von der Erhaltung der Kraft. Uebrigens reicht auch das Newton'sche Gesetz für sich allein nicht aus, von der Beweguug der Planeten in concreto Rechenschaft abzulegen, es thut dies wieder nur in einer gewissen isolirenden Richtung. Wir müssen das Trägheitsgesetz von Galilei hinzunehmen, das ist wieder ein Gesetz, das nach einer anderen Richtung die Bewegungserscheinungen begreift.

Sie sehen ganz klar, was es mit einer isolirenden Betrachtung auf sich hat. Ein Universalgesetz in dem Sinne, dass durch dasselbe das ganze Universum begriffen wird, giebt es nicht. Wohl giebt es aber Universalgesetze, die das Universum in einer gewissen Richtung begreifen (z. B. das Gesetz von der Erhaltung der Kraft).

Unsere Thätigkeit, Naturgesetze aufzustellen, ist also eine durchaus abstracte, isolirende Thätigkeit. Unsere weitere Aufgabe, das Concrete, das Wirkliche zur Darstellung zu bringen, besteht darin, das Wirkliche als aus einer Summe von Aeusserungen einzelner Naturgesetze hervorgegangen darzustellen. Der Reichthum der Wirklichkeit besteht darin, dass sich gleiche und verschiedene Naturgesetze unter den verschiedensten, jedesmal gerade vorliegenden Bedingungen combiniren und in ihren Wirkungen superponiren.

Das Verhältnis vom Abstracten zum Concreten, von Naturgesetz zu Natur, es ist das nämliche, wie das Verhältnis von Theorie zu Praxis, von Schule zu Leben nur in wenig veränderter Form:

Ueber den Werth einer Theorie im Gegensatz zur Praxis

und Wirklichkeit bestehen häufig, insbesondere unter reinen Praktikern so ungeklärte Vorstellungen, dass es mir erwünscht scheint, darüber einige allgemeinere Bemerkungen zu machen, wie solche die Naturwissenschaft nach unseren Beispielen an die Hand giebt.

Was will eine gute Theorie? Nun sie will natürlich in erster Linie Beziehungen zur Wirklichkeit haben; aber nicht allein das, eine gute Theorie will auch zu weiteren Gedanken anregen. Eine gute Theorie will die Wirklichkeit nicht nur unter gewissen Gesichtspunkten begreifen, sondern auch zu eignen und anderen Zwecken verwerthen. Eine gute Theorie wird Dissonanzen mit der Wirklichkeit nicht aus dem Wege gehen, sie wird solche gerade mit Vorliebe aufsuchen, um sich an ihnen zu vertiefen oder zu berichtigen. Im letzten Grunde, das kann man allen reinen Praktikern entgegenstellen, wird sich der Werth einer Theorie nach der Fruchtbarkeit der Ideen bemessen, zu denen sie Anregung bietet; unter einer Fülle von Gedanken und Anregungen stellt sich aber die Wahrheit viel schneller und leichter fest, als wenn es daran fehlt. Die richtigen der Wahrheit am nächsten kommenden Theorien sind auch die fruchtbarsten.

Und was hat es mit dem reinen Praktiker auf sich? Nun ihm steht eine Unsumme von Einzelerfahrungen zur Verfügung, deren Richtigkeit er unter besonderen Bedingungen erprobt hat, ohne sich der Grenzen und Tragweite dieser Bedingungen bewusst zu sein. Tritt ihm der Theoretiker gegenüber, so kann es kommen, dass der Theoretiker nicht gleich die Bedingungen übersieht, welche für das Erfahrungsterrain des Praktikers Gültigkeit haben; er kann auf Grund einer Unkenntnis etwaiger localer Bedingungen irrthümliche Behauptungen aufstellen oder Vorhersagen machen. Dann triumphirt der reine Praktiker, aber er thut Unrecht zu triumphiren, denn er weiss es noch viel weniger als der Theoretiker, dass seine Aussagen von Bedingungen abhängen, und er wird sich über die Tragweite seiner Aeusserungen ganz anderen, viel weitgehenderen Täuschungen hingeben, als ein guter Theoretiker.

Der Praktiker steht nicht auf der höheren Warte. Er unterliegt der Einbildung, dass er das, was er unzählige Male praktisch erfahren, begrifflich beherrscht; ihm fehlt die Fähigkeit überhaupt zu begreifen, er weiss nicht reine und unreine Thatsachen zu scheiden.

Der beste Theoretiker wird auch zugleich der beste Praktiker und der beste Praktiker zugleich der beste Theoretiker sein. Die theoretische Durchforschung eines Gebiets hat zunächst die Aufgabe, die Erscheinungen, wie solche die Natur oder die Wirklichkeit darbietet, in ihre naturgemässen Elemente zu zerlegen, die Mehrzahl der Erscheinungen als zusammengesetzt aufzufassen, die Theilerscheinungen als solche zu isoliren und in sich zu studiren.

Die experimentelle Forschung ist in erster Linie dazu berufen, diese Isolation mit Erfolg durchzuführen, Erscheinungen in ihrer Reinheit und Einfachheit darzustellen. Das ist dadurch möglich, dass der Forscher die Vorgänge im Laboratorium beim Experiment vollkommen in der Hand hat, im Gegensatz zu den Vorgängen in der äusseren Natur, auf deren Beobachtung er lediglich beschränkt bleibt.

Die theoretische Forschung hat dann die weitere Aufgabe, diese reinen Erscheinungen in ihrer grössten Einfachheit auf gewisse Grundsätze und Gesetze zurückzuführen. Sind solche Gesetze erst durch Behandlung besonders einfacher Fälle festgestellt, dann ist es Sache der Geschicklichkeit, complicirtere Erscheinungen derselben Art theoretisch und experimentell zu erfassen. Die Hauptaufgabe für das Laboratorium bleibt dann die Prüfung der Theorie und Hand in Hand damit die Bestimmung fundamentaler Constanten.

Die Aufgaben des Experimentators und Theoretikers lassen sich nicht immer scharf sondern, sie durchdringen und befruchten sich gegenseitig. Die Geschichte der Wissenschaft bietet genug Fälle, in welchen der Forscher in einer Person beide Aufgaben zu vereinen verstand.

Das ist in grossen Zügen angedeutet die Vorbereitung, mit welcher der Mensch es im Allgemeinen erst wagen kann,

den Naturgesetzen, auf welche ihm ein Eingriff versagt ist, entgegenzutreten, um sie in ihrem Walten mit Erfolg zu beobachten und kennen zu lernen. Hier gilt es nun, sich durch den bunten Wechsel, der nun einmal der Wirklichkeit eigen ist, nicht abhalten zu lassen, die im Laboratorium theoretisch klar gestellten Vorgänge auch in der Wirklichkeit da wieder zu erkennen, wo sie sich verhältnismässig rein darbieten.

Ich will die Gefahr nicht verkennen, welche darin liegt, der Theorie zu Liebe die Complication der Verhältnisse, wie sie die Wirklichkeit bietet, zu unterschätzen; ich will auch zugeben, dass Fälle vorgekommen sind, in welchen man in den Irrthum verfiel, die Verhältnisse in Wirklichkeit für weniger veränderlich und einfacher zu halten. Aber die Geschichte der Wissenschaft liefert wohl noch mehr Beispiele für den entgegengesetzten Fall, in welchem die in der Natur vorliegenden Verhältnisse sich schliesslich als einfacher herausstellten, als man es sich vorgestellt. Fundamentale Gedanken grosser Forscher haben sich in der Regel in der Gestalt überaus grosser Einfachheit den theilnehmenden Zeitgenossen dargestellt und gerade darum zunächst Einwendungen erfahren. Wer die Theorie wirklich beherrscht, der wird auch wissen, wo und wieweit er sie auf die Wirklichkeit anzuwenden hat; verfehlte Anwendung und ebenso der Argwohn gegen eine solche wird meist da vorliegen, wo die Theorie erst sehr unvollkommen erfasst ist. Zur Beherrschung der Theorie gehört natürlich vor Allem die Kenntnis der Bedingungen, unter denen sie gültig und anwendbar ist.

Der alte Streit zwischen Theorie und Praxis, zwischen Lehre und Erfahrung, es ist derselbe Streit nur in anderer Form zwischen Schule und Leben. Es ist kein Streit, von unserer höheren Warte aus gesehen, es scheint nur ein solcher dem, der den Strom des Lebens nicht zu deuten vermag!

Es liegt in der Natur der Sache begründet, dass die bildenden Einwirkungen durch Schule und Leben einander gegenüberstehen, ohne sich immer Verständnis entgegenbringen zu können. Ich habe schon in meinen Betrachtungen über

Induction und Deduction auf den Gegensatz zwischen Ueberliefern und Entdecken hingewiesen. Aehnlich stellt sich ein solcher Gegensatz hier zwischen Schule und Leben uns dar.

Die Schule drängt unwillkürlich die Mittel und Wege in den Hintergrund, auf welchen das zu Stande gekommen ist, was sie lehrt; sie überliefert, und beschränkt sich darauf. Das Leben hat beständig mit Mitteln und Wegen zu thun, um etwas zu Stande zu bringen.

An diesem Verhältnis wird in der Regel dadurch nichts geändert, dass der Weg zum Leben durch die Schule führt. Wer reflectirt gleich über die Dissonanzen, die ihm im Leben entgegentreten, wer geht ihnen nicht lieber aus dem Wege, oder setzt sich nicht möglichst bald über sie hinweg, schnell für das Eine oder Andere die Entscheidung ergreifend.

Aber indem die Mehrzahl der Menschen verabsäumt, bei diesen Dissonanzen länger zu verweilen, lässt sie sich gerade das Moment entgehen, welches geeignet ist, so erziehlich und fördernd zu wirken. Disharmonieen sollen nicht gemieden, sondern aufgelöst werden; worin anders kann hier die Auflösung bestehen, als in der Harmonie, die zwischen Lehre und Wirklichkeit, zwischen Theorie und Praxis, zwischen Schule und Leben, zwischen Denken und Sein zu walten hat.

Der rohe Praktiker ist in der Regel geneigt, sich ein ganz falsches Bild über Wahrheit und Irrthum zu machen, als sich von unserem Standpunkt aus dieses Verhältnis darstellen mag. Es können im Wesentlichen nur geschichtliche Rückblicke nach der erkenntnistheoretischen Seite sein, welche uns einen Einblick in das Verhältnis von Wahrheit und Irrthum gestatten. Wie wenig man aber bisher auf diesen relativen Standpunkt Werth gelegt und ihm Bedeutung zuerkannt hat, geht schon daraus hervor, dass man nur immer eine Geschichte der Wahrheiten geschrieben hat, an eine Geschichte der Irrthümer weniger gedacht hat, und doch sind beide Geschichten untrennbar verbunden und müssen es sein.[1]) Ist es doch stets

1) Das Werk von Ostwald „Elektrochemie, ihre Geschichte und Lehre“ Leipzig 1896 sucht diesen Anforderungen zu entsprechen.

der Weg des Irrthums, welcher zur Wahrheit führt, und giebt es doch in Wissenschaft und Leben — fast möchte man es sagen, keinen directeren Weg.

Die Möglichkeit principieller Irrthümer soll nicht geleugnet werden, aber in der Mehrzahl der Fälle ist ein Irrthum doch nur ein theilweiser. Die Isolationselemente mögen meist richtig erkannt sein, aber ein Factor in dem Superpositionsprocess mag entweder überhaupt übersehen oder in seiner Stärke auf die Gesammterscheinung über- oder unterschätzt sein. Im naturwissenschaftlichen Denken hat für ein schon hinlänglich tief durchgearbeitetes Gebiet ein Irrthum in den meisten Fällen gegenwärtig nur eine Correctur, eine Aenderung zur Folge, die sich nach dem Schema der Superposition geräuschlos vollziehen kann. Diese Auffassung hat zugleich das Gute, dass sie den Stachel nimmt, der so leicht dem Vorwurf und Eingeständnis des Irrthums anhaftet, und darin liegt ein immerhin förderliches Moment.

Ebenso wie der Irrthum in der Mehrzahl der Fälle ein theilweiser ist, ist aber auch die Wahrheit in der Mehrzahl der Fälle eine theilweise. Aller Streit in der Welt, im öffentlichen Leben nimmt mit davon seinen Ausgangspunkt, dass er an Sätze anknüpft, deren Richtigkeit theoretisch nur bedingt zuzugeben ist, deren Allgemeingültigkeit aber praktisch, ins Leben übersetzt, behauptet wird, und zwar mit Unrecht behauptet wird. Darin liegt die Gefahr der Schlagworte, welche dazu geschaffen erscheinen, nicht an eine stille Ueberlegung, sondern an eine unruhige und beunruhigende Leidenschaft zu appelliren.

Ich möchte diesen Abschnitt über Isolation und Superposition schliessen mit einigen Bemerkungen über Akustik und Musik, Optik und Malerei — Bemerkungen, welche unsere erkenntnistheoretische Formen nach einer anderen Richtung beleuchten möchten.

Akustik und Musik haben das gemeinsame, dass sie das Reich der Töne behandeln; Optik und Malerei haben das ge-

meinsame, dass sie das Reich der Farben behandeln. Die Verschiedenheit der Behandlung liegt in der Wahl der Isolationscentra. Das Isolationscentrum für Akustik und Optik ist ein wissenschaftliches, das Isolationscentrum für Musik und Malerei ist ein künstlerisches.

Schliessen sich nun, diese Fragen möchte ich aufwerfen, diese Isolationscentren aus, oder vertragen sie sich? Zur Beantwortung solcher Fragen muss man einen geschichtlichen Rückblick entwerfen.

Es ist Thatsache, dass die Musik schon lange innige Fühlung mit der Akustik hat. Die Lehre vom Generalbass und von der Harmonielehre beginnt mit der Aufzählung der einfachen Thatsachen, von denen die Akustik aus dem Reich der Töne zu berichten weiss: dass der Ton aus Schwingungen besteht, und dass die Schwingungszahlen der Töne, welche eine Harmonie bilden, in sehr einfachen Zahlenverhältnissen stehen, bei denen die kleinen Zahlen eine Rolle spielen.

Das wissenschaftliche Interesse gegenüber dem Reich der Töne ist ein doppeltes; das physikalische Interesse ist den Vorgängen zugewandt, die ausserhalb unseres Ohres im umgebenden Raum als reine Bewegungsvorgänge (Wellenbewegungen in der Luft), hervorgerufen durch die Ton- und Schallquellen, vor sich gehen; das physiologische Interesse ist den Vorgängen zugewandt, die innerhalb unseres Ohres bei Aufnahme von Tonempfindungen vor sich gehen — und nicht allein das, es ist insbesonders auch den Vorgängen zugewandt, welche bei dem Uebergang von der Umgebung in unser Ohr stattfinden. Sie könnten noch ein drittes Interesse hinzufügen, das psychologische, welches den Uebergang der physiologischen Vorgänge in unsere seelischen Vorgänge und dann diese letzteren seelischen Vorgänge im Besonderen wieder zum Gegenstand der Behandlung hat — aber dieses dritte Interesse ist wohl schon das aesthetische, künstlerische.

Es giebt ein Werk aus Meisterhand, welches diese verschiedenen Isolationscentren wissenschaftlicher und künstlerischer Auffassung zum Gegenstand hat, das ist Helmholtz's Theorie

der Tonempfindungen, ein Werk, das in wissenschaftlichen ebenso wie in künstlerischen Kreisen allseitigste Anerkennung gefunden hat.

Und wie steht es mit Optik und Malerei? Die Geschichte weist fast das Gegenstück auf von dem, was ich Ihnen über das friedliche Verhältnis von Akustik und Musik berichtet. Es wird Ihnen Goethe's Farbenlehre bekannt sein; es wird Ihnen bekannt sein, dass in dieser Schrift Goethe in der leidenschaftlichsten Weise über die grossen Verdienste herfällt, welche wir Physiker in der Farbenlehre dem grossen Newton zuerkennen. Gerade mit durch Goethe veranlasst besteht bis heute in gebildeten Kreisen ein Gegensatz, der weit entfernt ist, sich das friedliche Verhältnis von Akustik und Musik zum Vorbild zu nehmen.

Wie sollen wir Stellung nehmen? Es handelt sich nicht und kann sich hier auch gar nicht um einen Gegensatz handeln, es handelt sich um verschiedene Interessenkreise, um verschiedene Isolationscentren, die sich um so weniger ausschliessen werden, je tiefer durcharbeitet sie sind, je weiter unsere Erkenntnis fortschreitet.

Ich kann hier wörtlich wiederholen, was ich oben von dem Reich der Töne gesagt:

Das wissenschaftliche Interesse gegenüber dem Reich der Farben ist ein doppeltes: Das physikalische Interesse ist den Vorgängen zugewandt, die ausserhalb unseres Auges im umgebenden Raum als reine Bewegungsvorgänge (Wellenbewegungen im Aether), hervorgerufen durch die Farben- und Lichtquellen, vor sich gehen; das physiologische Interesse ist den Vorgängen zugewandt, die innerhalb unseres Auges bei Aufnahme von Lichtempfindungen vor sich gehen — und nicht allein das, es ist insbesondere auch den Vorgängen zugewandt, welche bei dem Uebergang von der Umgebung in unser Auge stattfinden. Wir können wieder als drittes Interesse hinzufügen das psychologische, welches den Uebergang der physiologischen Vorgänge in unsere seelischen Vorgänge und dann diese letzteren seelischen Vorgänge im Besonderen wieder zum

Gegenstande der Behandlung hat — und wir werden wieder dieses dritte Interesse mit als das aesthetische, künstlerische bezeichnen.

Wir haben hier wieder der Thätigkeit des Mannes zu gedenken, der an dem friedlichen Nebeneinandergehen dieser Interessen gearbeitet hat: Helmholtz, und gedenken im Besonderen seiner physiologischen Optik und seiner populären Aufsätze über „Optisches aus der Malerei“.

Und nun lassen Sie uns im Geiste ein Concert, eine Gemäldegallerie besuchen. Was haben wir physikalisch da vor uns? Nichts als ein einförmiges Spiel von Bewegungen kürzerer und längerer Wellenzüge, die sich gegenseitig durchdringen und auf den ersten Blick einen an jeder Stelle des Raumes äusserst verwickelten Bewegungszustand darzustellen scheinen. Aber dieser Bewegungszustand scheint nur so verwickelt; er wäre es, wenn sich die Wellenzüge gegenseitig beeinflussen und stören würden, aber das thun sie nicht. Jeder Wellenzug bewahrt, so oft er auch unterbrochen scheint, seine charakteristischen Eigenschaften und lässt sich in diesen physikalisch nachweisen. Und was geht physiologisch in uns vor: Unsere Sinneswerkzeuge nehmen diesen langweiligen Wellenzügen ihre Einförmigkeit und zaubern uns aus diesen eine sinnlich erfrischende, reich belebte Wirklichkeit vor. Wie diese Uebersetzung für unsere physiologischen, für unsere psychischen Zustände verständlich vor sich geht, das ist uns nur in vereinzelten Zügen bekannt, aber zu diesen vereinzelten Zügen gehört, dass wir in ihnen unsere Formen der Isolation und Superposition wiederfinden. Es ist Thatsache, dass vor Allem unser Ohr bis zu einem gewissen Grade fähig ist, den verwickelten Zusammenklang von Instrumenten zu zerlegen.

Die Formen der Isolation und Superposition, welche wir zunächst auf einem rein naturwissenschaftlichen Gebiet kennen gelernt haben: sie scheinen ihr Analogon ebenso in der Organisation unseres Körpers wie in der Organisation unseres Geistes zu finden. Sie scheinen auch schon von diesem Standpunkt für eine Erfassung des Geisteslebens von fundamentaler Bedeutung zu sein.

der Tonempfindungen, ein Werk, das in wissenschaftlichen ebenso wie in künstlerischen Kreisen allseitigste Anerkennung gefunden hat.

Und wie steht es mit Optik und Malerei? Die Geschichte weist fast das Gegenstück auf von dem, was ich Ihnen über das friedliche Verhältnis von Akustik und Musik berichtet. Es wird Ihnen Goethe's Farbenlehre bekannt sein; es wird Ihnen bekannt sein, dass in dieser Schrift Goethe in der leidenschaftlichsten Weise über die grossen Verdienste herfällt, welche wir Physiker in der Farbenlehre dem grossen Newton zuerkennen. Gerade mit durch Goethe veranlasst besteht bis heute in gebildeten Kreisen ein Gegensatz, der weit entfernt ist, sich das friedliche Verhältnis von Akustik und Musik zum Vorbild zu nehmen.

Wie sollen wir Stellung nehmen? Es handelt sich nicht und kann sich hier auch gar nicht um einen Gegensatz handeln, es handelt sich um verschiedene Interessenkreise, um verschiedene Isolationscentren, die sich um so weniger ausschliessen werden, je tiefer durcharbeitet sie sind, je weiter unsere Erkenntnis fortschreitet.

Ich kann hier wörtlich wiederholen, was ich oben von dem Reich der Töne gesagt:

Das wissenschaftliche Interesse gegenüber dem Reich der Farben ist ein doppeltes: Das physikalische Interesse ist den Vorgängen zugewandt, die ausserhalb unseres Auges im umgebenden Raum als reine Bewegungsvorgänge (Wellenbewegungen im Aether), hervorgerufen durch die Farben- und Lichtquellen, vor sich gehen; das physiologische Interesse ist den Vorgängen zugewandt, die innerhalb unseres Auges bei Aufnahme von Lichtempfindungen vor sich gehen — und nicht allein das, es ist insbesondere auch den Vorgängen zugewandt, welche bei dem Uebergang von der Umgebung in unser Auge stattfinden. Wir können wieder als drittes Interesse hinzufügen das psychologische, welches den Uebergang der physiologischen Vorgänge in unsere seelischen Vorgänge und dann diese letzteren seelischen Vorgänge im Besonderen wieder zum

Gegenstande der Behandlung hat — und wir werden wieder dieses dritte Interesse mit als das aesthetische, künstlerische bezeichnen.

Wir haben hier wieder der Thätigkeit des Mannes zu gedenken, der an dem friedlichen Nebeneinandergehen dieser Interessen gearbeitet hat: Helmholtz, und gedenken im Besonderen seiner physiologischen Optik und seiner populären Aufsätze über „Optisches aus der Malerei".

Und nun lassen Sie uns im Geiste ein Concert, eine Gemäldegallerie besuchen. Was haben wir physikalisch da vor uns? Nichts als ein einförmiges Spiel von Bewegungen kürzerer und längerer Wellenzüge, die sich gegenseitig durchdringen und auf den ersten Blick einen an jeder Stelle des Raumes äusserst verwickelten Bewegungszustand darzustellen scheinen. Aber dieser Bewegungszustand scheint nur so verwickelt; er wäre es, wenn sich die Wellenzüge gegenseitig beeinflussen und stören würden, aber das thun sie nicht. Jeder Wellenzug bewahrt, so oft er auch unterbrochen scheint, seine charakteristischen Eigenschaften und lässt sich in diesen physikalisch nachweisen. Und was geht physiologisch in uns vor: Unsere Sinneswerkzeuge nehmen diesen langweiligen Wellenzügen ihre Einförmigkeit und zaubern uns aus diesen eine sinnlich erfrischende, reich belebte Wirklichkeit vor. Wie diese Uebersetzung für unsere physiologischen, für unsere psychischen Zustände verständlich vor sich geht, das ist uns nur in vereinzelten Zügen bekannt, aber zu diesen vereinzelten Zügen gehört, dass wir in ihnen unsere Formen der Isolation und Superposition wiederfinden. Es ist Thatsache, dass vor Allem unser Ohr bis zu einem gewissen Grade fähig ist, den verwickelten Zusammenklang von Instrumenten zu zerlegen.

Die Formen der Isolation und Superposition, welche wir zunächst auf einem rein naturwissenschaftlichen Gebiet kennen gelernt haben: sie scheinen ihr Analogon ebenso in der Organisation unseres Körpers wie in der Organisation unseres Geistes zu finden. Sie scheinen auch schon von diesem Standpunkt für eine Erfassung des Geisteslebens von fundamentaler Bedeutung zu sein.

Siebenter Vortrag.

Einführung des Begriffs der Grössenordnung.

Die relative Bedeutung des Grossen und Kleinen wird an einigen Beispielen erläutert. Der jedesmal zu Grunde gelegte Maassstab muss angemessen gewählt werden.

Die Genauigkeit eines Werthes ist unabhängig von der absoluten Grösse, allein abhängig von dem Verhältnis der Genauigkeitsgrenze einer Messung oder Schätzung zum Gesammtwerth desselben. Bei einer Messung liegen die Genauigkeitsgrenzen nahe an einander, bei einer Schätzung weit auseinander.

Die Verwerthung der Erdthermometerstationen für geologische Fragen als Beispiel exacter schätzender Behandlungsweisen.

Einführung des Begriffs der Grössenordnung und damit des Begriffs des Wesentlichen gegenüber dem des Vollständigen. Die Rolle des Wesentlichen in der Psychophysik (Schwellenwerth) und in der Physik. Die Vernachlässigung kleiner Werthe gegenüber grossen Werthen keine Nachlässigkeit. Begriff der Störung in dem Problem der Planetenbahnen.

Wir haben die in der Natur auftretenden Erscheinungen als zusammengesetzt aufzufassen gelernt. Ich habe versucht eine Anschauung davon zu geben, wie es gelingen kann, einzelne Elemente aus einem zusammengesetzten Erscheinungscomplex in ihrer Reinheit zu isoliren und in sich zu studiren. Erst dann beherrschen wir eine Erscheinung, wenn wir einen Einblick haben, in welcher Weise sich die isolirten einfachen Elemente zu dem zusammensetzen, was wir in der äusseren Wirklichkeit wahrnehmen, was wir Wirklichkeit nennen.

Wir betrachten jetzt die Isolationselemente nach einer gewissen Richtung, wir vergleichen sie untereinander nach ihrer Grösse, nach ihrer Grössenordnung und kommen dadurch zu

einer Reihe fundamentaler Begriffe, die wir uns klar zu machen haben werden.

Was ist gross, was ist klein? Mit diesen Fragen wollen wir beginnen, und die Antwort darauf ist die, dass diese Fragen an und für sich keine Bedeutung, ja keinen Sinn haben, dass sie erst einen solchen bekommen, wenn wir sie in Beziehung zu gegebenen Grössen setzen. Es handelt sich hier nicht um absolute, es handelt sich um relative Begriffe.

Die Aussagen des gewöhnlichen Lebens enthalten stillschweigend solche Beziehungen, sie entnehmen ihren Maassstab mit Recht dem alltäglichen Leben, den menschlichen Anschauungen im gewöhnlichen Sinne des Wortes. Ein Millimeter, ein Gramm gilt im gewöhnlichen Leben als eine kleine Grösse, ebenso wie eine Meile, ein Centner als grosser Werth gelten mag; sie gelten es mit Beziehung auf gewöhnliche Verhältnisse, auf gewöhnlichen Verkehr. Aber an sich betrachtet sind diese Aussagen recht inhaltlos und nichtssagend. Der Erfahrungskreis des gewöhnlichen Lebens ist dazu ein viel zu eng begrenzter, als dass wir hoffen könnten, durch ihn die Anregung zu einer Verschärfung und Vertiefung unserer Anschauungen und Begriffe über Grössen zu erhalten.

Wie sehr wird doch durch die Naturwissenschaften unser Erfahrungskreis nach dieser Richtung erweitert! Dem gewöhnlichen Standpunkt gegenüber lehrt Theorie und Beobachtung, dass die Wellenlängen des Lichtes je nach der Farbe nach Bruchtheilen von $^1/_{1000}$ Millimeter zählen, dass die Einzelschwingung in dem billionten Theil einer Secunde vor sich geht, dass das Licht im Weltraum sich in einer Secunde um 42 000 Meilen fortpflanzt.

Mit so kleinen und so grossen Zahlen, wie ich sie hier beispielsweise angeführt, ist es schwer, eine Anschauung zu verbinden; die Anschauung versagt dabei leicht. Es lässt sich nicht leugnen, dass für eine directe Grössenanschauung Zahlen zwischen 1 und 10 am bequemsten liegen. Dieser Forderung unserer Anschauung trägt die Wissenschaft dadurch Rechnung, dass sie für verschiedene gerade vorliegende Fälle auch ver-

schiedene Grundmaassstäbe wählt. Sie misst Bruchtheile von $^1/_{10000}$ bis $^1/_{1000}$ Millimeter nach Wellenlängen einer Farbe, sie misst Längen, die das Planetensystem betreffen, nach Durchmessern der Erde oder der Erdbahn um die Sonne, sie misst Längen, welche die Fixsternwelt betreffen, nach Lichtjahren, d. h. nach der Länge als Einheit, welche das Licht in einem Jahre zurücklegen würde.

Der Wissenschaft liegt die Förderung dieser Anschauung um so näher, als sie bei Ausführung der Messung solcher kleinen und grossen Werthe thatsächlich in den seltensten Fällen auf absolute Auswerthung in Meter zurückzugehen hat, als sie thatsächlich in den meisten Fällen sich auf relative Auswerthung in geeigneten Vergleichsmaassen beschränken kann.

An diese kurzen Hinweise über den relativen Begriff kleiner und grosser Werthe schliesse ich einige Bemerkungen darüber, was man unter Genauigkeit wissenschaftlich zu verstehen hat.[1])

Der Laie staunt in der Regel die kleinen Werthe an, zu denen z. B. die Optik führt und hält sie für den Superlativ von Genauigkeit; er lässt sich dabei leiten von den Messungen, die ihm das gewöhnliche Leben veranschaulicht. Angaben von Längen bis auf Millimeter oder von Zeiten bis auf Secunden oder von Gewichten bis auf Theile eines Grammes haben im gewöhnlichen Leben in der Regel keinen praktischen Zweck mehr, und so ist man denn gar zu sehr geneigt, Angaben, die bis auf Millimeter, Secunden oder Theile eines Grammes gehen, für genau zu halten. Hand in Hand damit pflegt die Vorstellung zu gehen, dass grosse Werthe, wie die Entfernung der Sonne von der Erde bis auf Längen bekannt sein müssten, wie sie durch terrestrische Verhältnisse gegeben sind; und das Vertrauen auf die Sicherheit astronomischer Messungen pflegt einen Stoss zu bekommen, wenn darauf hingewiesen wird, dass

1) Hinsichtlich des Folgenden vergleiche man meinen Aufsatz über „Maass und Messen“ in der Zeitschrift „Himmel und Erde“, Mai 1893.

die mittlere Entfernung der Sonne von der Erde vielleicht um 200 Tausend Meilen zu gross gerechnet sei.

Die Genauigkeit einer Messung bemisst sich nie nach der absoluten Grösse des Werthes, sondern stets nach dem Verhältnis der Genauigkeitsgrenze einer Messung zum Gesammtwerth der Messung. Keine Messung kann absolut genau ausgeführt werden, das ist in der Unvollkommenheit unserer Sinne und unserer Hülfsmittel bedingt. Jede Messung ist mit einem Fehler behaftet, darum ist sie aber nicht verfehlt, sie wird um so weniger verfehlt sein, je kleiner das Verhältnis der Fehlergrösse zur Grösse der Messung ist. Wir müssen uns des Ausdrucks bedienen, eine Messung ist bis auf den so und sovielsten Theil des Gesammtwerthes richtig.

Wenn wir in einem Laden drei Meter Tuch kaufen, dann wird es nicht darauf ankommen, ob der Kaufmann uns einen Centimeter mehr oder weniger giebt; wir werden nur eine Genauigkeit von $1/_{300}$ in der Messung verlangen, das ist ein anderer Ausdruck für dieselbe Sache. Ganz ebenso haben wir die Genauigkeit von Angaben zu beurtheilen, die uns auf fremden Gebieten entgegentreten. In keiner Wissenschaft, die sich mit einer äusseren Wirklichkeit entnommenen Objecten abgiebt, ist das Streben nach genauen Angaben soweit ausgebildet, wie in der Physik und Astronomie. Ist es richtig, dass die Entfernung der Sonne von der Erde um 200 Tausend Meilen zweifelhaft ist, dann ist die Genauigkeit der Kenntnis dieser Entfernung $1/_{100}$. Wir werden ganz ähnlich die Genauigkeit, mit der uns bis jetzt die Lichtgeschwindigkeit bekannt ist, $1/_{500}$ setzen.[1])

Der Fernstehende wird erstaunt sein, wenn er von der

---

1) Anmerkungsweise mag hier die erste Promotionsthese von H. Hertz aus dem Jahre 1880 ihren Platz finden:

„Ein Fehler von $1/_{100}$ des wahren Werthes bildet die Grenze für die wünschenswerthe Genauigkeit, ein Fehler von $1/_{1000}$ des wahren Werthes die Grenze für die mögliche Genauigkeit in der Bestimmung einer physikalischen Constanten; genauer als bis auf $1/_{10\,000}$ ihres Werthes lässt sich kaum eine physikalische Constante auch nur definiren.“

verhältnismässig geringen Genauigkeit hört, welche für einige der Natur entnommenen Zahlenwerthe nur beansprucht werden darf, und wird die Frage aufwerfen, wie es kommt, dass die Genauigkeit mit einem so grossen Aufwand von Zeit und Kraft erhaltener Werthe so sehr zurücksteht z. B. hinter einfachen Längenmessungen, wie wir solche mit einem Maassstab ausführen.

Der Grund liegt, um mich kurz auszudrücken, darin, dass wir in dem einen Fall unter sehr günstigen, im anderen Fall unter sehr ungünstigen Bedingungen eine Messung ausführen. Man wird zwischen directen und indirecten Messungen unterscheiden können. Es liegt auf der Hand, dass directe Messungen, wo wir z. B. Längen durch directes Heranhalten eines Maassstabes bestimmen, in der Regel einer viel grösseren Genauigkeit zugänglich sind, als indirecte, wo wir z. B. bei der Entfernung der Sonne von der Erde auf das directe Anlegen eines Maassstabes verzichten müssen und auf die Messung kleiner Winkel angewiesen sind, wo jeder Fehler in Bruchtheilen einer Bogensecunde bereits einen Unterschied von Tausenden von Meilen bedingt.

Der Sinn für Genauigkeit ist in der heutigen Bildung noch wenig entwickelt. Darum findet man häufig Zahlenangaben weit genauer aufgeführt, als es den thatsächlichen Verhältnissen entspricht. Diesem Mangel mag Vorschub geleistet werden durch die Art und Weise, wie das Zifferrechnen in höheren Lehranstalten betrieben wird. Es mag heute anders sein, aber zu meiner Schulzeit wurde mit der Genauigkeit im Zifferrechnen auf Kosten von Zeit und Kraft ein übertriebenes Spiel getrieben, welches in keiner Beziehung zur äusseren Wirklichkeit stand.

Wenn hier von Genauigkeit soviel gesprochen wird, dann mag es manchem vielleicht als Mangel erscheinen, dass ich die Mathematik als das Ideal einer genauen Wissenschaft so gar nicht heranziehe. Der Grund liegt darin, dass die Mathematik mit ihrem ideellen Reich von Denknothwendigkeiten am wenigsten dazu geeignet ist. Den der äusseren Wirklichkeit

entsprechenden Zahlenbegriff und den Begriff für Genauigkeit der Angaben eines Zahlenwerthes in Ziffern auszubilden, ist nicht die reine Mathematik berufen, die ja überhaupt mit Zifferrechnen so gut wie nichts zu thun hat, sondern insbesondere die in Physik und Astronomie angewandte Mathematik. Das Zifferrechnen muss Hand in Hand gehen mit der Anschauung in der Wirklichkeit gegebener Verhältnisse und mit der Ausbildung eines der Wirklichkeit entsprechenden Genauigkeitsbegriffs.

Soweit die Angabe von Genauigkeitsgrenzen möglich ist, soweit dürfen die Naturwissenschaften die Bezeichnung exact in Anspruch nehmen. Die Resultate einer exacten Wissenschaft lassen sich durch Angabe der Genauigkeitsgrenzen in eine Form bringen, die heute wie nach Jahrhunderten gelten wird. Sehen wir von dem Auftreten neuer Erscheinungsgebiete ab, so ist der weitere Fortschritt überhaupt in der Einengung der Genauigkeitsgrenzen zu suchen.

Dem, was ich über Messen und Genauigkeit einer Messung beigebracht habe, wird sich am besten das anfügen, was über Schätzen und Genauigkeit einer Schätzung zu sagen ist.

Eine schätzende Behandlung eines Gegenstandes schliesst ebenso wenig wie eine messende Behandlung Exactheit aus. In beiden Fällen haben wir Grenzwerthe aufzustellen, zwischen welchen der wahre gesuchte Werth liegt. Der Unterschied zwischen schätzender und messender Behandlung besteht streng genommen nur darin, dass bei schätzender Behandlung die Grenzwerthe weiter auseinanderliegen, als bei messender Behandlung. Auch wenn bei schätzender Behandlung die gesuchte Grösse zwischen dem einfachen und zehnfachen Werth schwankt, wir haben doch eine Anschauung gewonnen. Die Aufsuchung eines Grenzwerthes ist Sache einer vollkommen exacten Rechnung, für welche die Daten sicher so gewählt sind, dass sie auf der einen Seite der Wirklichkeit liegen. Es gelingt nicht immer Grenzwerthe zu finden, zwischen denen die Wirklichkeit liegt,

in vielen Fällen muss man sich mit einer oberen oder unteren Grenze begnügen.

Es wird gut sein, unsere Anschauungen über Schätzung und schätzende Behandlung an einem concreten Beispiel zu vertiefen. Wir ziehen dazu als Beispiel die Verwerthung der Temperaturvertheilung in der Nähe der Erdoberfläche heran, welche schon zur Erläuterung des Isolations- und Superpositionsprocesses unsere Anschauung bereicherte; und zwar soll es sich handeln um Verwerthung der Beobachtung der Erdtemperaturen zu Fragen der Geophysik. Bei den meisten Fragen der exacten Geophysik kann nur von einer schätzenden Behandlung des Gegenstandes die Rede sein.

Vergegenwärtigen wir uns zunächst die Forderungen, die wir an eine Erdthermometerstation zu stellen haben, um sie geophysikalischen, also meteorologischen und geologischen Zwecken dienstbar zu machen[1]):

In erster Linie wird man für die Erdoberfläche solche Bedingungen wählen oder schaffen, wie sie für den grösseren Theil der Landoberfläche der Erde in Betracht kommen. Das Terrain wird im Sommer mit Vegetation (Rasen), im Winter mit Schnee bedeckt zu belassen sein, es wird ebensowenig wie vor Sonnenschein vor Regen und Schnee zu schützen sein. Es wird eben mit einem Wort in alle natürlichen Bedingungen der Station nicht einzugreifen sein.

Gestatten die Mittel die Anlage einer zweiten Station neben der ersten, dann wird es sich allerdings gerade empfehlen, die Einwirkung der natürlichen Bedingungen dadurch zu studiren, dass man willkürlich in dieselben eingreift, dass man auf der Nebenstation die Einwirkung auf eine vegetationslose Erdoberfläche studirt, welche man Sommer und Winter in gleicher Beschaffenheit erhält. Man wird also z. B. unter Umständen auf der Nebenstation im Winter nach jedem Schneefall den Schnee wegfegen, um auch diesen Einfluss

1) Ich folge hier wieder der Darstellung meines schon S. 76 citirten Aufsatzes „Ueber die Bedeutung des Studiums der Bodentemperaturen“.

auf meteorologische und geologische Factoren gesondert zu studiren.

Aber in erster Linie werden wir bei wissenschaftlichen Fragen, wie sie in das Gebiet der Meteorologie und Geologie einschlagen, gar nicht den Wunsch haben, in die Vorgänge der Natur einzugreifen; wir wollen hier eben die Natur in ihrer eigenen Werkstätte belauschen, wir wollen die Natur rein in sich wirken lassen, und darum beschränken wir uns auf die Beobachtung und verzichten auf das Experiment.

Da gerade die Wärmeleitungsvorgänge im Erdinnern sich in hervorragendem Grade zur Beantwortung gewisser meteorologischer und geologischer Fragen eignen, wird bei Wahl und Anlage der Erdthermometerstationen atmosphärischen Niederschlägen gegenüber möglichst wenig durchlässiger Boden mit Vortheil gewählt werden müssen, sehr durchlässiger Sandboden nur vergleichungsweise heranzuziehen sein. Die Wärmeconvection wird dann nur für die obersten Schichten in Betracht kommen, bis in eine Tiefe von höchstens einem Meter.

Was weiter die Wahl des Bodens betrifft, so wird ein möglichst gleiches thermisches Verhalten für verschiedene Tiefen unter der Erdoberfläche zwar wünschenswerth, in erster Linie aber ein solches innerhalb horizontaler Schichten von mässiger Ausdehnung geboten sein.

Die aufgeführten Bedingungen für Anlage einer Erdthermometerstation geben uns weitere Fingerzeige dafür, wie eine schätzende Betrachtungsweise z. B. für geophysikalische Fragen hier einzuführen sein wird:

Wenn schon innerhalb eines nicht allzu ausgedehnten Areals die Eigenschaften des Bodens und der Erdoberfläche in der mannigfaltigsten Weise wechseln; wenn wir andererseits durch rein äusserliche Mittel gezwungen sind, unsere Aufmerksamkeit auf das sehr kleine Areal der Erdthermometerstationen einzuschränken, dann werden wir natürlich zur Beantwortung solcher Fragen, wie ich sie aufgeworfen, den an Erdthermometerstationen gewonnenen Resultaten, selbst wenn sie in sich exacten Werth zu beanspruchen hätten, keine andere wissen-

schaftliche Bedeutung beilegen, als dass wir dadurch eine Anschauung von Grössenverhältnissen gewonnen haben.

Gehen wir nun einmal näher auf einige geophysikalische Fragen ein: Wenn die Erde fortdauernd Wärme abgiebt, dann war die Erde früher wärmer. Es entstehen dann Fragen, wie die: Wie lange ist es her, dass thermisch die Bedingungen für eine gedeihliche Entwicklung organischen Lebens an der Erdoberfläche vorlagen? In welcher Richtung die Beantwortung dieser Frage zu versuchen ist, wird durch eine andere Frage nahegelegt, die wir hier gleich mit aufwerfen wollen, die Frage: Welchen Antheil nimmt die innere Erdwärme an dem Klima eines Erdorts?

Letztere Frage beantwortet sich sehr schnell. Dieselbe geringe Wärmemenge, welche jährlich die Erde gegen den Weltenraum frei durch Ausstrahlung mehr abgiebt als sie empfängt, ist es, welche auch der Erdoberfläche aus dem Erdinnern zuströmt. Eben weil diese Wärmemenge so gering ist, kann sie unmöglich das Klima eines Orts wesentlich bedingen — es kommt etwa ein Temperaturbetrag von $\frac{1}{10}^{0}$ C. auf der Erdoberfläche auf Kosten der inneren Erdwärme.

Es ist im Wesentlichen die geringe Leitungsfähigkeit der Erdoberfläche, welche das Klima eines Erdortes unabhängig von der inneren Erdwärme macht, und darum können wir sehr weit in die Entwicklungsgeschichte des Erdballs zurückgehen, wir haben also mit sehr grossen Zeiten zu rechnen, ehe wir zu andern Verhältnissen gelangen. Wir müssen unsern Blick zurückwenden in die fernen Zeiten, da die Erdoberfläche erstarrte — das wird naturgemäss der Anfangspunkt der Zeitrechnung für das organische Leben sein müssen — oder da wir gerade diesen Anfangspunkt suchen, die Schmeltztemperatur der Erdoberfläche wird einen Anknüpfungspunkt für unsere daraufhin angestellten Berechnungen sein müssen.

Kurze Zeit nach Erstarrung der äussersten Erdoberfläche — diese Anschauung machen wir zu der unsrigen — waren die Bedingungen gegeben, unter denen organisches Leben gedeihen konnte, durfte man bereits — das ist der Ausdruck

Sir W. Thomson's (jetzt Lord Kelvin), des Meisters in der Beantwortung dieser Fragen — ungestraft auf der Erdoberfläche wandern.

Man könnte vielleicht meinen, dass die Beantwortung der Frage nach dem Beginn des organischen Lebens (genauer nach dem Beginn der Bedingungen, unter denen organisches Leben möglich war) nicht allein von der Abkühlung der Erde, sondern auch von der Abkühlung der Sonne abhing; indes ist hier darauf hinzuweisen, dass die Geschwindigkeit der Abkühlungsvorgänge durch das Verhältnis der Masse, welche die Wärme hält, zu der Oberfläche, welche sie ausstrahlt, bedingt ist; je grösser dieses Verhältnis ist, desto langsamer erfolgt die Abkühlung. Es kann danach kein Zweifel sein, dass die Erde die durch Abkühlung bedingten Entwicklungsvorgänge viel schneller wie die Sonne vollzieht; wir müssen beide mit einem ganz anderen Maassstab messen, das giebt den Ausschlag gegen das erhobene Bedenken. Gewiss ist die Thatsache, zumal für den gegenwärtigen Bestand, unbestreitbar, dass ohne Sonne kein organisches Leben möglich, ja denkbar sei. Die Sonne mit ihrem sehr viel langsameren Abkühlungsprocess, mit ihrer in Folge dessen sehr langsam an Intensität abnehmenden Wärmestrahlung bedingt das in weiter Ferne liegende Ende organischen Lebens; zur Feststellung des Beginns desselben kann ihre Entwicklungsgeschichte nicht in Betracht kommen.

Es liegt auf der Hand, dass zur Beantwortung der angeregten Fragen Grösse und Kugelgestalt der Erde in Rechnung zu ziehen sind. Die Studien über das Eindringen der Wärmeschwankungen in das Erdinnere beschränken das Interesse auf eine so geringe Tiefe unter der Erdoberfläche, dass die Kugelgestalt der Erde als solche nicht in Betracht kommt; aber schon, wenn wir die Frage nach der geothermischen Tiefenstufe für grössere Tiefen aufwerfen, ist es nothwendig, die Kugelgestalt der Erde zu berücksichtigen. Mit grösserer Tiefe nimmt darum die Temperatur langsamer zu.

Wir gedenken kurz der Thomson'schen Resultate, welche

die uns interessirenden Anschauungen gewähren. Wenn wir die Erstarrungstemperatur von Felsmassen zu circa 4000° C. ansetzen, dann ergiebt die unter gewissen Bedingungen nach den Principien der Wärmeleitung durchgeführte Rechnung, dass es circa 100 Millionen Jahre her sind, seit die Erdoberfläche erstarrte. Die geothermische Tiefenstufe betrug für die Nähe der Erdoberfläche dann

40	Tausend	Jahre	nach	der	Erstarrung	0,6	Meter
160	„	„	„	„	„	1,2	„
4	Millionen	„	„	„	„	6	„
100	„	„	„	„	„	30	„

auf 1° C. Da aber die Bedingungen, unter denen die Rechnung angestellt ist, der Natur der Sache entsprechend nur annähernd zutreffen, genügt man allen exacten Anforderungen, wenn man sich bescheidet, Grenzwerthe aufzustellen, zwischen denen sicher die Wirklichkeit liegt. Dieser Forderung entspricht Thomson, wenn er angiebt, dass es jedenfalls länger als 20 Millionen Jahre, aber kürzer als 400 Millionen Jahre her ist, seit die Erdoberfläche erstarrte.

Dass in der That für die Feststellung wirklich exacter Grenzwerthe auf die mannigfaltigsten Möglichkeiten Rücksicht genommen werden musste, kann hier nur kurz angedeutet werden. Die Erstarrung konnte von der Erdoberfläche, sie konnte, was wahrscheinlicher ist, vom Centrum der Erde aus erfolgen. Es waren für die Leitungsfähigkeit der Erde extreme Werthe in Ansatz zu bringen, es war endlich zu berücksichtigen, dass bei den abnormen Druckverhältnissen, unter denen sich das Erdinnere befindet, nicht unmittelbar Anschauungen von der Erdoberfläche auf das Erdinnere übertragen werden durften.

Wir nehmen nun wieder unsere Isolations- und Superpositionsbetrachtungen auf, um in sie unsere geläuterten Begriffe über kleine und grosse Werthe, über Messen und Schätzen einzuführen. Wir haben bisher bei Superpositionsprocessen über die Grössenverhältnisse der zusammenzusetzenden Elemente

keine näheren Angaben gemacht; wir haben stillschweigend vergleichbare Grössen vorausgesetzt, deren Werthe nicht allzu verschieden von einander sind.

Wir führen jetzt den Begriff der Grössenordnung ein. Dieser Begriff hat zur Voraussetzung, dass Grössen von erheblich verschiedenem Werth zu einander im Vergleich stehen. Wenn z. B. unter Einwirkung verschiedener Kräfte ein und derselbe Körper Wege von erheblich verschiedener Grösse zurücklegt, dann kann es für unsere Betrachtungen Vortheil haben, davon Gebrauch zu machen, dass diese Grössen so verschieden sind. Wenn beispielsweise die Zahlenwerthe 1 und $^1/_{100}$ zum Vergleich stehen, dann können wir uns ausdrücken, der zweite Werth ist gegenüber dem ersten von der Ordnung $^1/_{100}$ gegen 1.

Wir denken jetzt an ein zusammengesetztes Erscheinungsgebiet, in dem die einzelnen Isolationelemente mit einer solchen erheblich verschiedenen Grössenordnung betheiligt sind, und es entsteht die Frage, ob wir aus einem so charakterisirten Erscheinungsgebiet für unsere Erkenntnistheorie Anregung und Gewinn in der Richtung neuer Begriffe, neuer Betrachtungsweisen gewinnen können.

Da drängt sich unwillkürlich die Anschauung auf, dass gewisse Isolationselemente von erheblich grösserer Bedeutung als andere sein können, dass es unter Umständen von Vortheil sein kann, die ganze Aufmerksamkeit der Rolle des bedeutungsvollsten Isolationselementes zuzuwenden, die Rolle der anderen Isolationselemente erst in zweiter Linie zu studiren. Es tritt mit einem Wort der Begriff des Vollständigen hinter dem Begriff des Wesentlichen zurück.

Es ist am Ende des allgemeinen Abschnittes über Isolation und Superposition der Gedanke ausgesprochen worden, dass die Formen der Isolation und Superposition ihr Analogon in der Organisation unserer Körper wie in der Organisation unseres Geistes zu haben scheinen. Dieser Gedanke gewinnt an Bedeutung, wenn wir ihn ausdehnen auf Superpositionsprocesse, in denen die Isolationselemente mit erheblich ver-

schiedener Grössenordnung auftreten. Die Organisation unserer Sinne giebt uns da ein recht genaues Vorbild, wie wir mit unserem Geiste ein derartig zusammengesetztes Erscheinungsgebiet fassen sollen.

Jede Erscheinung ist für uns, auch wenn wir sie durch Instrumente unterstützt beobachten, etwas Unvollständiges: die psychophysische Thatsache, dass jeder äussere Reiz einen „Schwellenwerth" überschritten haben muss, um auf uns einwirken zu können, giebt zu einem Theil die Erklärung dafür.

Wenn nun auch dieser Schwellenwerth für das einzelne Individuum bei gegebener Disposition seinen ganz bestimmten festen Werth hat, so ist doch durch denselben innerhalb der äusseren, durch die Grössenordnung unterscheidbaren Vorgänge eine an sich willkürliche Scheidewand gezogen. Die in verhältnismässig grossen Dimensionen oder in verhältnismässig intensiven Stärken stattfindenden Vorgänge treten in das Bewusstsein der Erscheinung, die anderen nicht. Diese für die ausserhalb unseres Körpers stattfindenden Vorgänge durchaus willkürliche Scheidewand kann zwar durch Verfeinerung der instrumentellen Hülfsmittel und Methoden zurückverlegt werden, aufgehoben werden nie.

Kirchhoff hat bekanntlich es als Aufgabe der Mechanik präcisirt: „die in der Natur vor sich gehenden Bewegungen vollständig und auf die einfachste Weise zu beschreiben" — eine Formulirung, die sich leicht auf die gesammte Physik, ja auf die gesammte Naturwissenschaft ausdehnen lässt, wenn man das Wort „Bewegungen" durch das Wort „Erscheinungen" ersetzt. Man hat diese Formulirung nach der Seite der Beschreibung als zu eng bezeichnet, ich möchte sie hier nach der Richtung der Vollständigkeit noch immer als zu weit bezeichnen. Ich sage: es ist unmöglich, die in der Natur vor sich gehenden Erscheinungen vollständig zu beschreiben, wir müssen uns dabei bescheiden, sie nur im Wesentlichen zu beschreiben.[1])

---

1) Man vergleiche meinen Aufsatz: Ueber Gesetze und Aufgaben der Naturwissenschaften, insbesondere der Physik in formaler Hinsicht.

Man könnte gegen die Behauptung der Unmöglichkeit einer vollständigen Beschreibung einwenden, dass unsere Theorieen und Vorstellungen ja mit dazu helfen sollen, das festzustellen, was jenseits der Schwelle der Erscheinungen thatsächlich vor sich geht — ich erinnere an die atomistische Anschauung von der Constitution der Materie. Gewiss bedingen Vorgänge, die sich unterhalb der Schwelle des Bewusstseins abspielen, Erscheinungen, die in unser Bewusstsein treten, aber dies doch nur theilweise; sie werden auch Vorgänge bedingen, die sich unter dem Schwellenwerth des Bewusstseins abspielen und deren Kenntnis doch für eine Vollständigkeit der Beschreibung nothwendig sein dürfte. Die Grenzen unseres Naturerkennens scheinen mit dadurch bedingt.

Der Begriff des Wesentlichen hat in der Physik seine grosse Bedeutung. Selbst in den Fällen, in welchen uns strenge — wir können in gewissem Sinne sagen — vollständige Formeln zur Verfügung stehen, ziehen wir es auf Kosten der Strenge, beziehungsweise der Vollständigkeit vor, dieselben nach Grössenordnungen zu entwickeln und hinzuschreiben, um zu erkennen, welche Grösse für das Resultat wesentlich sei, also eine genauere Bestimmung erfordere, als andere Werthe. Ohne damit eine Nachlässigkeit zu begehen, vernachlässigen wir kleine Werthe gegenüber grösseren; wir bleiben im Gebiet des Exacten, wenn wir die Fehlergrösse in jedem Augenblick angeben können.

Dieser Begriff des Wesentlichen gehört zu dem innersten Wesen der Physik — und ich meine, der Naturwissenschaften überhaupt. Der Begriff des für die Erscheinung Wesentlichen überträgt sich theilweise von dem „unter der Schwelle der Erscheinung" liegenden Theil der Vorgänge auf den wahrnehmbaren, nachweisbaren Theil. Mit anderen Worten: auch innerhalb der Welt der Erscheinungen werden wir für gewisse Zwecke den wesentlichen und unwesentlichen Theil trennen

---

Himmel und Erde, Juli 1892. Auch Sammlung populärer Schriften herausgegeben von der Gesellschaft Urania zu Berlin Nr. 14.

können. Das Princip der Superposition gestattet in den meisten Fällen eine derartige Trennung der Betrachtung. Im letzten Grunde entscheidet jedesmal die Theorie, welcher Theil der Erscheinung für sie wesentlich ist. So erscheinen z. B. die Thatsachen der Dispersion, nach denen das weisse Licht bei der Brechung in seine farbigen Bestandtheile unter verschiedenen Brechungsgraden zerlegt wird, zur Entscheidung der Frage, ob das Licht eine elastische oder eine elektromagnetische Erscheinung sei, gänzlich unwesentlich. Darauf beruht es, dass die Entwicklung einer Theorie des Lichtes auch dann noch Werth hat, wenn sie von den Dispersionserscheinungen keine Rechenschaft ablegt.

Ein sehr geeignetes Beispiel zur Veranschaulichung der Bedeutung des Wesentlichen im Gegensatz zum Vollständigen bietet die Bewegung der Planeten um die Sonne unter Rücksicht auf die gegenseitige Anziehung der Planeten. Das erste Kepler'sche Gesetz besagt, die Planeten bewegen sich um die Sonne in Ellipsen, in deren einem Brennpunkt die Sonne liegt. Dieses Gesetz ist nur ein im Wesentlichen richtiges Gesetz; es ist nicht vollständig richtig und kann nicht vollständig richtig sein, aber es wäre darum gänzlich verkehrt, es als unrichtig verwerfen zu wollen. Es enthält eine Aussage, welche unentbehrlich für die Anschauung ist, eine Aussage, welche für viele Zwecke (insbesondere Unterrichtszwecke) ausreicht, und welche selbst in den Fällen, in denen sie nicht ausreicht, den Ausgangspunkt für weitere genauere Aussagen bildet und bilden muss.

Man bezeichnet die Abweichungen vom Kepler'schen Gesetz als Störungen, ein Ausdruck, der leicht zu irrthümlicher Auffassung Veranlassung geben kann, und der weiter nichts besagen soll, als dass damit die durch das Newton'sche Gesetz begründeten Abweichungen von der einfachsten Anschauung ausgedrückt werden sollen.

Die Sache ist eben folgende: Die gravitirende Wirkung ist nach dem Newton'schen Gravitationsgesetz für zwei

Körper analytisch ganz streng durchführbar und ergiebt ganz streng das Kepler'sche Gesetz mit der elliptischen Bahn der Planeten um die Sonne. Nun haben wir es aber im Planetensystem streng genommen nicht mit zwei, sondern mit sehr vielen Körpern zu thun: denken wir an die anderen Planeten, denken wir an die Monde. Das Problem ist schon für drei Körper (das sogenannte Dreikörperproblem), geschweige denn für beliebig viele Körper mit den bisherigen analytischen Hülfsmitteln nicht mehr streng durchführbar. Aber auch wenn es streng durchführbar wäre, würde man praktisch nach einer Darstellung streben, in der stets die Abweichung vom Kepler'schen Gesetz zum Ausdruck kommt.

Der Grund, warum im Planetensystem das Kepler'sche Gesetz trotz dieser Complication eine Rolle spielt, liegt darin, dass entweder gewisse Massen anderen Massen gegenüber, oder gewisse Entfernungen anderen Entfernungen gegenüber klein sind; die geschickte rechnerische Benutzung dieser Thatsachen gestattet eine näherungsweise, in vielen Fällen hinreichend genaue Rechnung durchzuführen. Die Berechnung der Existenz des Neptun durch Leverrier beruhte darauf.

Wenn wir uns also zusammenfassend präcisiren wollen, können wir sagen: Die bedingte Lösbarkeit des Dreikörperproblems beruht einmal auf der Anwendung des Princips der Superposition, sodann auf der fundamentalen Betonung und Benutzung des Wesentlichen gegenüber dem Vollständigen.

Es wird sich empfehlen, hier noch einmal des Verhältnisses von Wahrheit und Irrthum zu gedenken, wie wir es früher unter der Form der Isolation und Superposition zur Darstellung gebracht.

Machten wir darauf aufmerksam, wie in der Mehrzahl der Fälle Wahrheit und Irrthum vereint zur Geltung kommen, so gewinnt diese Darstellung an Bedeutung, wenn die einzelnen Superpositionselemente in verschiedener Grössenordnung zu einander stehen. Es wird dann Alles darauf ankommen, dass

im Wesentlichen die Wahrheit getroffen wird, und es hat nicht viel Bedeutung, wenn in untergeordneten Punkten, in Dingen, die zum Wesentlichen nicht viel beitragen, ein Irrthum, ein Versehen untergelaufen ist.

Wie häufig knüpfen im öffentlichen Leben Angriffe an solch untergeordnete Dinge an und führen sich dadurch von vorneherein als unberechtigt ein!

Achter und neunter Vortrag.

Beziehungen zum Geistesleben der Gegenwart.

Verknüpfung bisher behandelter erkenntnistheoretischer Grundzüge der Naturwissenschaften mit dem Geistesleben der Gegenwart. Präcisirung des Standpunktes gegenüber Buckle.

Verwerthung einer isolirenden und superponirenden Behandlung für Betrachtung des Staatsorganismus, des menschlichen Organismus, der Charakteristik der Altersstufen des Menschen.

Innere Hemmnisse, die naturwissenschaftlichen Behandlungsweisen gegenüberstehen. Das Trugbild der Congenialität von Geist und Natur. Das Phantom des Ganzen als Kern sogenannter allgemeiner Bildung. Werth des Detailstudiums für Fragen allgemeiner Bildung. Unterschied künstlerischer und intellectueller Bildung. Die Illusion einer intellectuellen Werthschätzung des Vollständigen und Einheitlichen. Der Monismus vermengt den Einheitsgedanken in seiner Bedeutung für Sitte und Intellect. Die sittliche Seite des Geistes hat eine geschlossene Einheit aufzuweisen, die intellectuelle Seite nicht, sie ist höchstens eine zur Einheit zu schliessen geneigte Tendenz. Werth der Formen des naturwissenschaftlichen Denkens für allgemeine Bildung.

Unsere Schlussbetrachtungen sollen der Aufgabe gewidmet sein, Anknüpfungspunkte für unsere bisherigen Untersuchungen mit dem Geistesleben der Gegenwart zu finden.

Um Misverständnissen vorzubeugen: man kann vielleicht verwundert die Frage aufwerfen, warum wir gerade an der Hand naturwissenschaftlicher Betrachtungen diese allgemeineren Untersuchungen anstreben. Man kann den Verdacht äussern, dass unsere Erörterungen in Folge unseres naturwissenschaftlichen Ausgangspunktes höchst einseitig und schief, ja vielleicht banausisch ausfallen müssen. Man kann behaupten, dass andere Wissenschaften z. B. die philologisch-historischen

Wissenschaften einen viel geeigneteren Ausgangspunkt zur Klarstellung solcher Verhältnisse bieten werden.

Die Naturwissenschaften würden nicht Wissenschaften sein, wenn sie nicht ebenso wie andere Wissenschaften zur Untersuchung solcher Beziehungen befähigt wären. Sie haben zur Untersuchung solcher Verhältnisse vor anderen Wissenschaften das voraus, dass die Begriffsbildung — ich lege gerade auf die allmähliche Entstehung der Begriffsbildung Werth — nirgends klarer zu Tage liegen dürfte, schon aus dem einfachen Grunde, weil diese Begriffsbildung sich an einer äusseren Wirklichkeit entwickelt hat, die uns zunächst doch wenig anzugehen scheint, d. h. die zunächst in keiner unmittelbaren Beziehung zu unserem Innern steht, das so leicht durch Einflüsse mannigfaltigster Art Trübung erfährt. Das ist der Grund, warum gerade in den Naturwissenschaften die Begriffsbildung in ihrer Entstehung sich in jedem Augenblick mit grösster Leichtigkeit reproduciren lässt, z. B. auch im Unterricht.[1])

Die Fragen, in wiefern die Naturwissenschaften geeignet sind, auch anderen Wissenschaften nach Terminologie und Begriffsbildung Anregung und Förderung zu gewähren, scheinen gegenwärtig ein besonderes Interesse zu beanspruchen. Thatsache ist, dass die Naturwissenschaften auf den verschiedensten Gebieten menschlichen Wissens nicht ohne Einfluss geblieben sind. Aber es ist zu betonen, dass sie diesen Einfluss nicht beabsichtigt hervorgerufen haben. Wie hätten sie es auch thun können? — steht ihnen auf fremden Gebieten doch keine Gewalt zu. Nein dieser Einfluss ist ihnen bis zu einem gewissen Grade von aussen zugestanden worden.

---

1) Ein sehr gewöhnlicher Einwand, den man gegen die Verwerthung physikalischer Anschauungen auf Erscheinungen des Geisteslebens erhebt, ist der, dass man sich gegen eine Einführung quantitativer Betrachtungen erklärt und auf die Bedeutung des Qualitativen hinweist. Die Physik hat gewiss mit einer Menge Qualitäten zu thun, aber das Quantitative kommt allenthalben sofort zur Geltung, da jede Qualität mit einer gewissen Stärke und Intensität in Erscheinung tritt, und diese Stärke, diese Intensität ist etwas Quantitatives.

Es liegt in der Natur der Sache, dass dadurch Misstände hervorgerufen werden konnten. Ist es schon für den Naturforscher keine kleine Arbeit gewesen, sich in den Geist naturwissenschaftlicher Terminologie und Begriffsbildung hineinzuarbeiten, wieviel schwieriger muss für den Laien der Versuch liegen, diese Hülfsmittel sich anzueignen und vollends auf fremden von den Naturwissenschaften fernab liegenden Gebieten zu verwerthen, wieviel Misverständnisse und Irrungen konnten dabei unterlaufen. Nicht mit Unrecht bemerkt Stammler[1]) solchen Versuchen gegenüber: „Der souveränen Herrscherin der Wissenschaft von der Natur konnte das gleichgültig sein, sie behielt ihre Sprache und ihren Geist unverfälscht für sich. Mochten die abhängigen Völker, die sich selbst zur Unterthänigkeit angetragen hatten, zusehen, wie sie in ihren Ländern mit den übersetzten fremden Hülfsmitteln sich abfanden.“

Wenn ich soweit mich mit Stammler einverstanden erklären kann, so doch nicht vollständig mit dem radicalen Abhülfsmittel, wenn er fortfährt: „Dem gegenüber gilt es nicht sowohl an einzelnen Punkten lindernd einzugreifen und diesen oder jenen Uebelstand zu beseitigen, der aus der Herübernahme einer gar nicht für dieses Gebiet berechtigten Terminologie entstanden ist; sondern es kommt darauf an, das Ganze dieser intellectuellen Fremdherrschaft grundsätzlich auszumerzen.“ — Gewiss jede Fremdherrschaft ist vom Uebel, aber könnte nicht die Möglichkeit vorliegen, das Fremde sich soweit anzueignen, dass an Stelle der Herrschaft die Bundesgenossenschaft im besten Sinne des Wortes Platz nimmt?

Es wird gut sein, zur Charakteristik der hier obwaltenden Beziehungen auf den Ursprung der Bewegung zurückzugehen, die in naturwissenschaftlichen Betrachtungen mehr sieht, als nur die Natur begrifflich zu beherrschen, die glaubt, die naturwissenschaftlich gewonnene, streng geschulte Methode auch anderweitig verwerthen zu können.

Zwei Männer scheinen mir da von hervorragendem Einfluss:

---

1) R. Stammler. Wirthschaft und Recht nach der materialistischen Geschichtsauffassung. Leipzig 1896. S. 350.

J. St. Mill und Th. Buckle. Es wird nicht nöthig sein, in der Geschichte noch weiter zurückzugehen. Für Mill waren bekanntlich, ähnlich wie bei Th. Buckle, politische und volkswirthschaftliche Studien der Ausgangspunkt, sich naturwissenschaftliche, insbesondere physikalische Anschauungen anzueignen, um mit ihrer Hülfe rückwärts in politische und volkswirthschaftliche Erscheinungen einen tieferen Einblick zu gewinnen.[1]) Die Verbindung beider Studien brachte Mill's Logik zur Reife,[2]) von der ein Naturforscher wie Liebig[3]) bezeugt hat, dass sie ihm von grossem Nutzen gewesen ist — und dies, obwohl Mill doch in Dingen der Naturwissenschaft nur ein Dilettant war.

Zu den Zwecken, die ich vorhabe, die Grenzen naturwissenschaftlicher Betrachtungsweisen auf volkswirthschaftlichem Gebiet an Beispielen zu veranschaulichen, wüsste ich kein geeigneteres Werk zu besprechen, als Buckle's „Geschichte der Civilisation von England". Ich hoffe meinen Standpunkt dabei hinlänglich deutlich zu präcisiren.

---

1) Mill betrachtet die Methoden der Physik als die geeigneten Muster für die Politik. J. St. Mill's Selbstbiographie. Aus dem Englischen von Dr. Carl Kolb. Stuttgart 1874. S. 137.

2) Man sehe Mill's Selbstbiographie S. 172: „In demselben Jahre (1837) und inmitten dieser Beschäftigungen nahm ich die Logik wieder auf. Ich hatte über diesen Gegenstand, in welchem ich bis zur Schwelle der Induction gekommen, fünf Jahre lang meine Feder ruhen lassen; denn es war mir allmählich klar geworden, dass mir zur Bewältigung der Schwierigkeiten in diesem Theil meiner Aufgabe ein umfassender und zugleich genauer Ueberblick über den ganzen Kreis der physikalischen Wissenschaften abging, den ich nur durch ein langes Studium erringen zu können fürchtete."

3) Man sehe das Vorwort des Uebersetzers in: J. St. Mill's System der deductiven und inductiven Logik. Eine Darlegung der Principien wissenschaftlicher Forschung, insbesondere der Naturforschung. Deutsch von J. Schiel Braunschweig. 4. Auflage 1877, 1. Auflage 1849. — Ich habe mich der Unabhängigkeit meiner Darstellung zu Liebe erst nach Beendigung meiner Studien an eine eingehende Lectüre der Mill'schen Logik gemacht. Die Berührungspunkte, welche ich dann mit Theilen des Werkes von Mill fand, konnten mich nur bestärken, einer Veröffentlichung meiner erkenntnistheoretischen Arbeiten näher zu treten.

Das Werk ist bekanntlich ein Torso geblieben, es erschien vor 30 bis 40 Jahren und erregte damals ein ausserordentlich grosses Aufsehen. Wenn man heute von diesem Werke weniger spricht, so liegt es mit daran, dass dieses Werk bei vielem höchst Beachtenswerthen, was es bietet, in manchen Punkten weit über das Ziel hinausgeschossen hat. Das ist ja häufig für grosse Leistungen charakteristisch, dass die Urheber durch die Erfolge berauscht — ich meine hier mehr die inneren wie die äusseren Erfolge — die Tragweite ihrer Gedankenrichtung und damit ihres Könnens überschätzen.

Buckle war kein Naturforscher, aber er war ein äusserst universell gebildeter und veranlagter Mann, der die Naturwissenschaften voll auf sich wirken liess, soweit als das für ihn als Laien möglich war. Ihm imponirte die Strenge und Methodik, mit der die Naturwissenschaft ihre Objecte bearbeitete, sie imponirte ihm so sehr, dass er sich die Lebensaufgabe stellte, die Methodik und Behandlungsweise der Naturwissenschaften auf andere Gebiete menschlichen Wissens zu übertragen, auf Geschichte und Nationalökonomie.

Soweit, glaube ich, können wir ihm folgen und wenigstens in seiner Tendenz zustimmen. Aber nun ging er weiter. Ihm imponirte in den Naturwissenschaften die Allgewalt der Naturgesetze. Wie dem Naturforscher als letztes Ziel die Aufdeckung von Gesetzen vorschwebt, welche die Natur (ohne Ausnahmen zuzulassen) beherrschen, so schwebte ihm als höchstes Ziel vor, nach dem Schema der Naturgesetze historische Gesetze aufzustellen, mit einem Wort aus der Geschichtswissenschaft eine Naturwissenschaft zu machen.[1])

Dieses letzte Ziel war verfehlt. Die Geschichtswissenschaft hat ihr gesondertes Isolationscentrum, das ist die Geschichte, ebenso wie die Naturwissenschaft ihr gesondertes Isolationscentrum hat: die Natur. Es taugt nichts, solche getrennte

1) Buckle hätte in den Naturgesetzen mehr das Begriffliche sehen sollen und von diesem Standpunkt naturwissenschaftliche und historische Begriffe vergleichen sollen; diese Aufgabe wäre vielleicht angemessen gewesen.

Interessenkreise, die sich wesentlich in getrennten Isolationscentren äussern, vermengen zu wollen. Nach dieser Richtung hat denn auch Buckle's Geschichte der Civilisation von England von Historikern wie Droysen ihre berechtigten Angriffe erfahren. Aber damit schienen die Vorzüge des Buckle'schen Werkes mit Unrecht in den Schatten gestellt.

Das Verdienst Buckle's reicht soweit, als er naturwissenschaftliches Denken als eine allenthalben berechtigte Form des Denkens z. B. für das nationalökonomische Gebiet zur Anwendung bringt. Man wird auch hier innerhalb der berechtigten Grenzen der Anwendung Einwendungen erheben können, aber das hindert mich nicht, die Form seiner Betrachtungsweise nach mancher Seite geradezu als mustergültig hinstellen zu können. Ebensowenig wie die Anwendung der Logik Fehler und Irrthümer ausschliesst, kann auch bewusstes naturwissenschaftliches Denken solche ausschliessen, aber der nicht zu unterschätzende Vortheil ist der, dass z. B. die Handhabung der Isolation und Superposition den Fehler leichter aufdecken, erkennen und berichtigen lehrt. Buckle hebt die Formen des Denkens, welche ich mit Isolation und Superposition bezeichne, nicht als solche bewusst und durchgehend hervor, aber er bewegt sich vollständig in ihnen und charakterisirt sie gelegentlich ganz richtig.

Diese innere Uebereinstimmung mit naturwissenschaftlichen Denken ist bei Buckle um so interessanter, als gerade die physikalischen Beispiele, an denen Buckle seine Denkungsweise erläutern will, für seine Zwecke entweder wenig geeignet und so auch wenig präcise ausgedrückt oder sogar ungeschickt geschaffen erscheinen. Die Klarheit seines Denkens und seiner Methode, die Durchsichtigkeit seiner Behandlung innerhalb seines eigenen Arbeitsstoffes steht in keinem Verhältnis zu den unklar auseinandergesetzten mathematischen und physikalischen Beispielen, durch welche er die Berechtigung seiner Darstellung zu erweisen sucht. Buckle beherrscht eben die Naturwissenschaft nach der mathematischen und physikalischen Seite nicht. Vielleicht ist darin der Ursprung seines Fehlers,

den ich vorhin berührt, mit begründet; wer ein Gebiet nicht beherrscht, der kennt auch nicht seine Grenzen!

Es sind naturwissenschaftlich und mathematisch durchaus dunkle und unklare Beispiele, welche der hervorragenden und Buckle's Individualität so scharf kennzeichnenden Stelle vorangehen, mit der wir uns beschäftigen wollen — die Stelle, in welcher die Werke von A. Smith über die „Theorie der sittlichen Gefühle" und über den „Nationalreichthum" in Beziehung zu einander gesetzt werden.[1])

Sittliche Gefühle und Egoismus grosser Massen sind nach Buckle in unserer Ausdrucksweise die Isolationselemente, deren Wirkungen einander superponiren. Wenn Lexis[2]) darauf aufmerksam macht, dass menschliche Motive sich nicht addiren und subtrahiren lassen, sondern schon durch ihr Zusammenwirken anders werden, als sie für sich sind, so zeigt er damit, dass ihm das Superpositionsprincip in Buckle's Verwerthung entgangen ist. Es handelt sich bei Buckle gar nicht darum, sittliche Gefühle und Egoismus zu addiren und zu subtrahiren, es handelt sich vielmehr darum, die Wirkungen beider zusammenzusetzen. Und wenn Lexis bei seinem Einwand an das einzelne menschliche Individuum denkt, berücksichtigt er nicht das, was Buckle über die Verwerthung grosser Zahlen im Gegensatz zu kleinen Zahlen und zum Individuum beigebracht hat.

Zu einer weiteren Erwiderung fordert die Bemerkung von Lexis heraus, dass Processe, die sich „à la longue" vollziehen, einer besonderen Untersuchung bedürfen. Ich erinnere daran: Superposition ist die Zusammensetzung oder Uebereinanderlagerung gleichzeitig stattfindender Wirkungen von Isolationselementen. Aber das gleichzeitig wirkliche Neben- und Uebereinander hindert doch nicht eine zeitliche wissenschaftliche Behandlung nacheinander, wie sie die physikalische Handhabung der Isolation und Superposition an die Hand giebt.

---

1) H. Th. Buckle, History of civilisation in England. Cap. XX.

2) Lexis. Die französischen Ausfuhrprämien 1870. S. 5. Ich habe die Stelle aus F. A. Lange's Geschichte des Materialismus kennen gelernt. (II. S. 563. 5. Aufl. Leipzig 1896.)

Zur Erläuterung diene das von Lexis herangezogene Beispiel: Die Gravitation des Mondes gegen die Erde und die Trägheit des Mondes lassen sich nach einander einer Besprechung unterziehen; die wirkliche Bewegung des Mondes resultirt daraus mit Hülfe der Superposition beider Bewegungen, beziehungsweise Bewegungstendenzen. Die Möglichkeit der einzelnen Behandlung der Superpositionselemente scheint Lexis zu verwechseln mit einer Vorstellung der Möglichkeit, die während endlicher Zeiten getrennte Wirkung von Gravitation und Trägheit zu vertauschen mit den wirklich gleichzeitig vereinten Bewegungstendenzen — eine Vorstellung, die er selbst ad absurdum führt.

Ich besitze nun zu wenig nationalökonomische Kenntnisse, um beurtheilen zu können, in wieweit die von Buckle den Werken A. Smith's entnommenen Begriffe „sittliche Gefühle“ und „Egoismus“ als Isolationselemente richtig gewählt sind. Die Controle dafür, dass sie nationalökonomisch als solche zu verwerthen sind, läge eben darin, dass die factisch vorgenommene Superposition der Erfahrung entspräche. Auch schon eine näherungsweise Uebereinstimmung würde im Sinne naturwissenschaftlichen Denkens die Berechtigung der Buckle'schen Behandlung erweisen. Aber das kann ich sagen, dass Einwendungen gegen die Buckle'sche Betrachtungsweise anders erhoben werden müssten, als dies von Lexis geschehen ist.

Buckle und Lexis berufen sich beide zur Erläuterung auf physikalische Erscheinungen und ihre Analyse, ohne Beides zu beherrschen; aber Buckle denkt innerhalb seiner Materie naturwissenschaftlich ganz richtig. Buckle's Werk ist trotz aller Mängel ein Beispiel dafür, wie naturwissenschaftliches Denken sich selbständig auf anderen Gebieten entwickeln kann Wieviel Anregung könnte aber erst naturwissenschaftliches Denken gewähren, wenn es bewusst als solches auf fremde Gebiete mit aller der Vorsicht angewandt wird, welche wirkliche Tiefe naturwissenschaftlicher Bildung zeitigen kann.

Es soll ja die Complication der menschlichen und geistigen Verhältnisse keineswegs bestritten werden, aber es muss ent-

schieden bestritten werden, dass die Naturwissenschaften mit besonders einfachen Verhältnissen zu thun haben; eben darum können aber auch die Naturwissenschaften vorbildlich Anregung geben, wie man durch geeignete Formen des Denkens complicirte Verhältnisse geistig beherrschen kann. Der Vorsprung der Naturwissenschaften liegt heute darin, dass es den Naturwissenschaften verhältnismässig leicht fällt, sich ihren Objecten als rein äusseren entgegenzustellen. Solange die Naturwissenschaften mit einem inneren Verhältnis zwischen Geist und Natur arbeiteten, war ihr Fortschritt gehemmt.

Soweit ich mit meiner Erfahrung hervortreten darf, bietet mir allenthalben in der äusseren Wirklichkeit, in Wissenschaft und Kunst, in Staat und Kirche, das Streben nach Isolation und Superposition die Mittel, mich schnell zu orientiren, und zu begreifen. Wo ich bedeutende Leistungen erblicke, da erkenne ich die vielleicht unbewusste Verwerthung der hervorgehobenen erkenntnistheoretischen Hülfsmittel, da gelingt es mir, jene mit diesen präciser zur Darstellung zu bringen.

Man wende nicht ein, dass diese logischen Hülfsmittel grobe, mechanische seien, sie sind bei richtiger Handhabung keineswegs mechanische, sondern in hohem Grade organische. Auch ein einzelner Organismus weist in sich eine Reihe von Isolationselementen auf, als solche können wir z. B. die einzelnen Sinne und Körpertheile mit ihren bestimmten Functionen betrachten, aber in ihren Wirkungen überdecken sich alle; die Superposition aller Functionen der einzelnen Organe ist für die Auffassung des Gesammtorganismus wesentlich.

Es ist ein bekanntes altes Bild, den Staat mit einem Organismus zu vergleichen — ich erinnere an die alte Fabel des Menenius Agrippa, mit der er die Plebejer gewann: Die Glieder des Körpers wollten nicht mehr arbeiten; sie meinten, der Magen hätte es besser, sie beneideten den Magen um Pflege und Kost, die sie ihm durch ihre Arbeit zuzuführen hätten, aber schliesslich mussten sie einsehen, dass ohne Magen auch sie nicht lebenskräftig und gesund erhalten werden könnten.

Naturwissenschaftlich neueren Datums ist der Nachweis, dass sich der Vergleich des menschlichen Organismus mit dem Staat bis ins Kleinste durchführen lässt:[1]) „Ein vielgebrauchtes älteres Bild vergleicht die Gesammtheit von Gehirn, Rückenmark und Nerven mit einem reichverzweigten Telegraphensystem, in welchem die Nervenfasern als die Leitungsdrähte, die Nervenzellen als die End- und Zwischenstationen functioniren. Dies Bild dürfen wir nicht streng nehmen, denn es fehlt dem Nervensystem jener Charakter des Geschlossenseins, wie er einem arbeitenden Telegraphensystem nothwendig zukommt. Ein zutreffenderes Bild haben wir in der Verwaltung eines grösseren Landes, bei welcher zahlreiche Behörden in bestimmter Gliederung einander bei- und übergeordnet sind. Wohl sendet eine Ortsbehörde in gegebenem Falle ihre Depesche nach der übergeordneten Instanz, um sich Verhaltungsbefehl zu erbitten. Allein die Antwort erfolgt nicht durch einfache Umschaltung einer Leitung, sie ist das Ergebnis einer besonderen Verarbeitung innerhalb der Oberbehörde. Oberbehörden, Zwischen- und Unterbehörden umfassen mehr oder minder umfängliche Bureaux mit Beamten ungleicher Stellung. Die Umwandlung einer Meldung in einen Befehl verknüpft sich mit verschiedenen Nebenvorgängen, mit Protokollirungen, mit Vergleichung von Präcedenzfällen, mit Rücksichtnahme auf gleichzeitige Vorgänge, mit ausgleichenden Nebenbefehlen an andere Unterbehörden u. a. m. Das Endergebnis einer Entscheidung wird durch augenblickliche Stimmungen der beanspruchten Behörde, durch vorangegangene oder gleichzeitige Befehle höher stehender Behörden beeinflusst werden und was dergleichen Umstände mehr sind."

Die Betrachtung des Organismus, den wir Staat nennen, lässt leichter die Formen der Isolation und Superposition durchweg erkennen, die uns naturwissenschaftlich vorbildlich vorschweben. Werfen wir einen kurzen Blick auf diesen Gesammtorganismus, den wir Staat nennen: In patriarchalischen

1) His. Ueber den Aufbau unseres Nervensystems. Deutsche Naturforscherversammlung 1893.

Zeiten wies dieser Organismus nur eine geringe Anzahl isolirter Organe auf, entsprechend der geringen Zahl der Aufgaben, welche sich die menschliche Gesellschaft stellte, entsprechend der geringen Zahl ihrer Bedürfnisse. Mit steigender Entwicklung der Cultur wuchsen die Interessen und die Bedürfnisse; dies drängte zur Schaffung neuer Organe, neuer Isolationselemente. Die einzelnen Organe: Ministerien, Verwaltungsabtheilungen, Parlamente haben zwar jedes ihren besonderen Wirkungskreis, doch müssen sie sich zum Wohlbefinden des Staates in ihren Wirkungen harmonisch superponiren. Erscheint ein solches harmonisches Zusammenwirken ausgeschlossen, dann sind die Isolationselemente oder ihre Wirkungskreise falsch gebildet, es muss vielleicht durch Verschmelzung zweier bisheriger getrennter Centren mit einem neuen Isolationscentrum versucht werden oder es muss ein Isolationscentrum als unberechtigt unterdrückt werden. Die im staatlichen und geschichtlichen Leben auftretenden Reactionen bilden von selbst neue Isolationselemente; eine weise Staatsregierung wird solchen Reactionen durch zeitige Bildung von Isolationscentren zuvorzukommen wissen.[1])

---

1) Unter anderen Proben, welche das Bedürfnis von Staatsmännern rechtfertigen, eigene Ideen an naturwissenschaftlichen Anschauungen zu erläutern, mag hier ein Passus einer Rede Bismarck's aus dem Jahre 1871 seine Stelle finden. Die Stelle, um deretwillen das Citat hauptsächlich erfolgt, ist gesperrt gedruckt.

„Ich weiss nicht, was die Herren bewegt, den Bundesrath in den gesetzgebenden Factoren nicht mitzuzählen; die Verfassung weist ihm die volle Gleichberechtigung an, und wenn ich sage, er wiegt schwerer als ein gewöhnliches Erstes Haus, so ist das, weil es zugleich ein Staatenhaus im vollsten Sinne des Wortes ist, in viel berechtigterem Sinne, als was man gewöhnlich Staatenhaus nennt, was z. B. in der Erfurter Verfassung Staatenhaus genannt wurde. Dort stimmte im Staatenhaus nicht der Staat, sondern das Individuum ab; es war Jemand ernannt worden — ich weiss nicht, ob auf Lebenszeit oder auf limitirte Dauer — aber ich erinnere mich genau, er stimmte nicht nach Instructionen, sondern nach seiner Ueberzeugung ab. So leicht wiegen die Stimmen im Bundesrath nicht; da stimmt nicht der Freiherr v. Friesen, sondern das Königreich Sachsen stimmt durch ihn; in dem Votum

Versuchen wir eine Anschauung davon zu geben, welche Vortheile die isolirende und superponirende Betrachtungsweise für die Darstellung der geistigen Entwicklung des menschlichen Lebens gewährt. Ich halte mich berechtigt, die innere intellectuelle Entwicklung des Menschen in drei Stufen zu theilen: Die Kindheit, die Lehrzeit, die dritte Stufe beginnt mit dem Eintritt in das Leben, in die Wirklichkeit.

Das Kind sieht sich einer bunten Mannigfaltigkeit gegenüber, mit der es zunächst nichts anzufangen weiss, erst allmählich beginnen gewisse Erscheinungen, Personen und Gegenstände insbesonders durch wiederholtes Auftreten sein auswählendes, besonderes Interesse in Anspruch zu nehmen. Durch diese Isolation einer Erscheinung aus einer Reihe anderer wird jegliche Begriffsbildung eingeleitet, die Bezeichnung, das Wort der Muttersprache für die Erscheinung von den Eltern beigebracht. Eine solche einzelne Begriffsbildung findet in jedem Fall ihren vorläufigen Abschluss darin, dass die wiederholt auftretende Erscheinung eine Vorstellung auslöst, welche das Kind zum Aussprechen des Wortes veranlasst, und dass umgekehrt das gesprochene Wort das Kind veranlasst, die Erscheinung irgendwo zu suchen. Diese Wechselwirkung zwischen Erscheinung und Wort, sowie zwischen Wort und Erscheinung ist es lediglich, welche die Begriffsbildung ausmacht und nöthigenfalls corrigirt. Die Erscheinung wird bei aller Mannigfaltigkeit, wie sie bei der Wiederholung auftritt, in der Vorstellung, im Geiste des Kindes von Nebensächlichem, Unwesentlichem befreit und gereinigt, nur das Wesentliche, die Hauptsache findet Beachtung und Berücksichtigung.

Ein Kind bildet bei der Erlernung der Muttersprache in Verbindung mit den Erscheinungen der Aussenwelt diese Fähigkeit zu abstrahiren und zu isoliren in einer Intensität

---

ist die Diagonale aller der Kräfte enthalten, die in Sachsen thätig sind, um das Staatswesen zu bilden; es ist das Votum der sächsischen Krone, modificirt durch die Einflüsse der sächsischen Landesvertretung, vor welcher das sächsische Ministerium für die Vota, welche es im Bundesrath abgeben lässt, verantwortlich ist."

aus, wie sie für das ganze spätere Leben geradezu als Vorbild und Muster dienen kann und dienen sollte. Die Anleitung, welche dem Kinde durch die Muttersprache zu dieser Abstractions- und Isolationsfähigkeit geboten wird, soll nicht unterschätzt werden, aber doch müssen wir gestehen, tritt sie stark zurück gegenüber der eigenen Thätigkeit des Kindes, die wir als in hohem Grade productiv veranschlagen müssen. Die geistige Entwicklung des Menschen zeitigt im Kindesalter die schönsten Früchte, und könnten wir sie dauernd weiter auf dieser Höhe erhalten, dann wäre das Problem der Erziehung unter weiser Rücksicht auf die zartesten Keime der Individualität nach einer Seite gelöst. An ihr sind die Sinnesempfindungen in einem Grade betheiligt, die mehr als genügend die Auffassung Sir W. Thomson's (Lord Kelvin) von den Sinnen als den „Eingangspforten der Erkenntnis" rechtfertigt. Die Wechselwirkung zwischen Sinnesempfindung und begrifflicher Vorstellung, welche die Begriffsbildung einleitet und dadurch rückwärts die Sinne übt und zu ihren Zwecken gebrauchen lehrt, ist in hohem Grade geeignet, jene Harmonie zwischen Leib und Seele anzubahnen, welche uns gegenwärtig in unerreichbarer Ferne als Ideal vorschweben mag.

Diese in sich durchaus harmonische Entwicklung des Kindes erleidet nun eine jähe Störung, wenn es sich weiter darum handelt, nach der äusseren Auffassung des gewöhnlichen Lebens dem Kinde den Bildungsstoff mit all seinen Hülfsmitteln zu überliefern, welcher dazu dient, den Eintritt in das Leben vorzubereiten, welcher die Bedingungen schaffen soll, als wirklich nützliches Glied an der Arbeit und den Aufgaben des Menschengeschlechts theilzunehmen. Es kann sich ein Jeder nach seinen Anschauungen das Ideal einer Schule ausdenken, welches er will, daran wird nichts geändert werden, dass sich das Kind plötzlich einem fremden geschlossenen Ganzen gegenüber gestellt sieht, dem die bunte Mannigfaltigkeit mit ihren fördernden Wechselbeziehungen fehlt, in der es bisher aufgewachsen, und an die es mit Interesse anknüpfen konnte. Eine weise Erziehung wird diesen Uebergang durch Anschauungs-

unterricht mildern, verwischen darf sie ihn gar nicht, das ist in der Natur der Sache begründet.

Uns interessirt nun wieder die innere Auffassung der zweiten Entwicklungsstufe. Mag der bisherigen Entwicklung des Kindes in Familie und Haus der Preis der Harmonie zuerkannt werden, sie trägt in sich keine Keime zu grossen hervorragenden Leistungen, und so haben wir als die nächste Forderung für die innere Entwicklung, welche in die Schulzeit fällt, vor Allem die Erziehung des Willens aufzustellen. Es handelt sich um die Ausbildung der Fähigkeit, das Denken durch das Wollen, und das Wollen durch das Denken lenken und leiten zu lassen. Es handelt sich um die Ausbildung jener Willensstärke, welche dazu erforderlich ist, den Geist längere Zeit auf einen und denselben Gegenstand zu concentriren, ohne sich durch fremde äussere Einwirkungen davon ablenken zu lassen. Das Ziel dieser Schulung ist wenigstens in einzelnen Fällen, die Vertiefung in einen Gegenstand soweit zu treiben, dass die wohlthätige Rückwirkung zum Bewusstsein kommt, welche das Denken auf das Wollen auszuüben fähig ist.

Dieser Gesichtspunkt wird nothwendiger Weise die Wahl der Unterrichtsgegenstände bedingen, welche die Möglichkeit zu gewähren scheinen, auch das Ziel zu erreichen. Die Gegenstände werden der Individualität des Kindes nahe gebracht werden müssen, eine unzweckmässige Wahl kann den guten Willen des Kindes auch in Widerwillen wandeln, welcher es ablehnt, sich in den aufgedrungenen Gegenstand zu vertiefen.

So wenig wir diese zweite Entwicklungsstufe in ihrer Bedeutung für das Leben unterschätzen dürfen, sie weist im Verhältnis zur ersten Stufe einen Mangel auf, der in der Natur der Sache begründet ist: die eigene Thätigkeit des Kindes, die sich wesentlich in einer abstrahirenden und isolirenden Thätigkeit äusserte, verliert hier die productive, individuelle Richtung, welche sie dort auszeichnete. Es wird der Thätigkeit des Kindes ein fremder, geschlossener, innerlich durcharbeiteter Stoff zur Aneignung überwiesen, in dem das Geschäft der Ab-

straction und Isolation im Wesentlichen schon vollzogen ist, und den es hauptsächlich doch immer wieder nur zu reproduciren ankommen kann. Der Stoff, um dessen Aneignung es sich handelt, ist viel zu umfangreich und ausgedehnt, als dass von einer tieferen, inneren Verarbeitung seitens des Kindes die Rede sein könnte; es wird hier Gelegenheit zur Ausbildung einer Geisteskraft gegeben, die man Gedächtnis nennt, deren Werth im Wesentlichen darin besteht, die Möglichkeit innerer Verarbeitung und Aneignung auf spätere Zeit zu verschieben. Wenn zu irgend einer späteren Zeit der seit der Kindheit schlummernde Trieb erwacht, eigene Arbeit durch Abstraction und Isolation vorzunehmen, dann liefert das Gedächtnis, die Erinnerung willig Beiträge zu dem Material, an welchem die Vornahme des Isolationsprocesses geeignet erscheint.

Ich habe die dritte und letzte Entwicklungsstufe im Leben des Menschen zu kennzeichnen. Aus dem Kinde ist ein Jüngling geworden, der Jüngling tritt nun ins Leben und soll zum Manne reifen. Bedurfte die erste Stufe der Anleitung, die zweite der Erziehung durch Schule und Haus, so enthält diese dritte Entwicklungsstufe die ernste Forderung der Selbsterziehung und Selbstzucht.

Die Schule hat das Bild einer in sich geschlossenen Bildung gezeitigt, in ihr soll der Jüngling zunächst den Anhalt finden, wenn ihm nun im Leben wieder die bunte Mannigfaltigkeit entgegentritt, die in mancher Hinsicht, wenn auch in ganz anderer Weise, an die erste Stufe der Kindheit erinnert. Ohne die Anleitung, die Erziehung, die hinter ihm liegt, würden dem Jüngling die Gaben fehlen, welche nun einmal zur Orientirung in diesem Leben nöthig sind. Es wäre ein Irrthum, wollte man diese Gaben als schon ausgebildet ansehen; auf gleicher Stufe und wohl auch innerlich durch einander bedingt würde der Irrthum stehen, dass die gewonnene Bildung nun auch für das Leben, für die Welt eine geschlossene sei.

Es ist hiermit die grosse Klippe angedeutet, an der die weitere Entwicklung der grossen Mehrzahl der Menschen scheitert, das Kriterium, welches die Geister scheidet und ihnen

ihre Stellung im Einfluss auf die höheren Ziele der Menschheit anweist. Die einen betrachten eben ihre Bildung als im Wesentlichen abgeschlossen, ihre Entwicklung kann dann auch im Wesentlichen als durch die zweite Stufe beendigt angesehen werden. Die anderen betrachten ihre Bildung als ungeschlossen, steter Erweiterung und Veränderung fähig, ihre Entwicklung bewegt sich in der dritten Stufe, ohne auch nur den Wunsch eines Abschlusses zu hegen. Den einen erscheint nach dem Bilde der geschlossenen Bildung, welche sie empfangen haben, das Leben und die Welt auch wirklich als ein Ganzes, das sie als solches auf Grund ihrer Bildung nicht allein erfassen zu müssen, sondern auch erfassen zu können meinen. Den anderen erscheint es als eine Summe von Kräften und Wirkungen, über welche der Einzelne sich nur bis zu einem gewissen Grade Uebersicht und Kenntnis zutrauen darf, während er sich darüber hinaus fremdem sachkundigen Urtheil anzuschliessen gedrungen fühlt. Auf der einen Seite das Trugbild der Congenialität von Denken und Sein mit allen ihren Gefahren, welches grossen vorhandenen Geistesströmungen ein Verständnis schon aus dem Grunde nicht abgewinnen kann, weil ihm dadurch das Bild des Ganzen zerstört erscheint. Auf der anderen Seite das Bewusstsein, dass bei dem gegenwärtigen Umfang des Gesammtwissens jeder nur an seinem Theil arbeitet und arbeiten kann, das Bewusstsein, welches so unendlich fruchtbarer ist, als die Klage über Mangel an sogenannter allgemeiner Bildung, welche in vielen Fällen doch nur auf die Einbildung des Besitzes einer solchen hinausläuft d. h. die Einbildung aus dem eigenen begrenzten Standpunkt das Universum begreifen zu können.

Dass die Mehrzahl der Menschheit der dritten Entwicklungsstufe fern bleibt, ist begreiflich. Die Concentration wird, als werthvoller Besitz von der Schulbildung übernommen, im Leben und in der Wirklichkeit ihre Früchte tragen, aber die Vorstellung einer geschlossenen Bildung als dauerndes Ideal, welches für den Zweck der Erziehung vorübergehend ja förderlich sein mag, hält auf die Dauer mit Gewalt von der höheren

Entwicklung zurück. Der Geist ist nun einmal nach der intellectuellen Seite nicht, wie man sich so gerne einbildet, eine geschlossene Einheit, er ist nur eine zur Einheit zu schliessen stets geneigte Tendenz. Schwebt die geschlossene Einheit des Geistes als Ziel vor, dann glaubt man so leicht, auch dieses Ziel erreicht zu haben, um nun von der eingebildeten höheren Warte alle Neuerungen als untergeordnet oder schon dagewesen zu übersehen.

Die höchste Entwicklung wird sich mit Vorliebe jene erste Stufe der Kindheit vergegenwärtigen, sie wird sich gerne wieder einer bunten Mannigfaltigkeit, wie sie das Leben und die Wirklichkeit bietet, aber jetzt bewusst gegenüberstellen, und an ihr wieder die Fähigkeit der selbstthätigen Abstraction und Isolation ausüben, deren sie beim Wege durch die Schule so gut wie entwöhnt war. Was in der Kindheit die Muttersprache mit ihrer Anleitung gewährte, das wird hier unter Anderem die beständige Vergleichung bieten, um zur Begriffsbildung, aber jetzt bewusst, fortzuschreiten.

Wir würden die Charakteristik dieser höheren Stufe nur sehr unvollkommen beschrieben haben, wenn wir nicht noch eine Fähigkeit berühren wollten, welche sich hier in höchster Reife zeigen kann. Diese Fähigkeit setzt da ein, wo sich die niedere Stufe befriedigt zurückzieht; da, wo die Tendenz zur Einheit zu schliessen unausführbar erscheint, wo sich im praktischen Leben die Gegensätze unvermittelt einander gegenüberstehen, und dennoch das Recht als getheilt angesehen werden muss. Ich meine die Fähigkeit der Uebereinanderordnung, der Superposition, die dem einen giebt, ohne dem anderen zu nehmen, die Fähigkeit, die genau weiss, wie weit eigenes Vermögen und Wissen reicht, wie weit die Kräfte und Kenntnisse Anderer in Anspruch zu nehmen sind.

Ich recapitulire: Die im Anschluss an die Betrachtung naturwissenschaftlichen Denkens gebildete Terminologie der Isolation und Superposition hat sich uns als sehr brauchbar erwiesen, um die verschiedenen, geistigen Entwicklungsstufen des Menschen wenigstens in gewissen Grundzügen zu charakte-

risiren. Die Fähigkeit zu isoliren konnte schon der Kindheit zugesprochen werden, die Fähigkeit zu superponiren kann sich erst, wenn überhaupt, im reifen Mannesalter äussern. Aufgabe der Schule ist die Ausbildung des Willens, der Fähigkeit sich zu concentriren; mit Fragen der Erkenntnis hat die Schule wenig oder nichts zu thun.

Den Schluss meiner Vorträge mögen einige Blicke in Anschauungen der Gegenwart mit ihren verschiedenen geistigen Tendenzen bilden. Mit Bevorzugung wollen wir dabei der Hemmnisse gedenken, die dem naturwissenschaftlichen Denken gegenüberstehen, wie es von uns charakterisirt ist. Wir beginnen mit einem historischen Rückblick.

Solche historischen Rückblicke sind besonders werthvoll zur Einkehr in sich selbst, sie verfehlen aber in der Regel gänzlich ihren Zweck, wenn sie in der Form eines Spiegels für den Gegner dargereicht werden. Es handelt sich um den inneren Gegner, unser Ich, unsere menschliche Natur. Historische Rückblicke auf äussere gegnerische Mächte sind schon darum nicht geeignet, versöhnlich und förderlich zn wirken, als jede Macht nur bedingt ihre Geschichte wird zu rechtfertigen unternehmen wollen und vermögen. So wollen wir das Hemmnis kirchlicher Anschauungen aus dem Rahmen unserer Betrachtung von vorneherein ausschalten; dieser Gegenstand bildet ein in sich geschlossenes Stück Culturgeschichte, das auch sonst schon genügend Bearbeitung gefunden.

In den Vordergrund stelle ich den Gedanken, dass geschichtlich nichts so hemmend auf die Entwicklung der Naturwissenschaften eingewirkt hat, wie die Einbildung, dass der menschliche Geist zur Natur in einem innerlichen, unmittelbaren Verhältnis stünde. War dieser Gedanke einmal gefasst, dann half so leicht kein Widerspruch darüber hinweg. Widersprach der Geist eines Anderen eigenen Anschauungen, dann stand dieser Andere eben nicht in diesem bevorzugten, inneren Verhältnis zur Natur; wies die Natur selbst den Widerspruch auf, dann blieb noch immer wenigstens ein Theil der Natur

geistesverwandt, der andere Theil erschien als feindliche Macht, — die Natur war der Kampfplatz entgegenstehender Principe. Wenn ich mit einem prägnanten Ausdruck dieses Hindernis bezeichnen soll, welches einer gesunden Entwicklung der Naturwissenschaften im Wege stand, dann kann ich vielleicht passend sagen, es war das Trugbild der Congenialität von Geist und Natur.

Dem classischen Alterthum erschien die Natur vollständig congenial, das zeigt sich ebenso in seiner mythologischen wie naturphilosophischen Auffassung. Die mythologische Auffassung personificirte alle Kräfte und Erscheinungen. „Busch und Quelle, Fels, Luft und Meer wurden mit Geschöpfen menschlicher Einbildungskraft bevölkert“. Die naturphilosophische Auffassung der Alten enthielt sich zwar im Allgemeinen der Personification, wenn wir von der Uebertragung rein menschlicher Begriffe wie Liebe und Hass auf die Natur absehen, darum wurde sie aber nicht weniger deutlich von dem Trugbilde der Congenialität von Geist und Natur beherrscht. Die Natur schien als ein Ganzes dem menschlichen Geist vor Augen zu liegen, das Studium des Einzelnen schien weder nöthig noch förderlich, es hätte nur den Blick auf das Ganze getrübt. Es erschien als Aufgabe der Speculation, durch reines Denken die Natur durch ein oder zwei Prinzipe central zu erfassen. Beobachtung und Experiment erschienen um so überflüssiger, als gar kein Grund einzusehen war, warum sich diese dem reinen Denken nicht fügen sollten. In diesem Sinne speculirte Aristoteles über den freien Fall der Körper, wo ganz einfache Versuche ihn von der Unrichtigkeit seiner Anschauung hätten überzeugen können. Ueberschätzung des reinen Denkens und Unterschätzung des Geistes der Natur sind die charakteristischen Kennzeichen dieser philosophischen Auffassung, welche sich bis in unser Jahrhundert fortgesetzt hat.

Die psychologischen Gesichtspunkte, die uns bei diesem kurzen historischen Rückblick entgegentreten, finden sich auch in der heutigen allgemeinen Bildung vor; sie laufen auf den Wunsch hinaus, dass es doch anders sein möchte, als es ist,

sie hängen mit gewissen menschlichen Charaktereigenthümlichkeiten — wir können sie auch Schwächen nennen — zusammen, für den Menschen eine Stellung im Kosmos beanspruchen zu wollen, über welche wir doch streng genommen gar kein Verfügungsrecht haben, die wir doch eben nehmen müssen, wie sie geboten wird. Es sind Anschauungen von eigener Selbstherrlichkeit, welche man ebensowenig aufzugeben geneigt ist, wie ein Kronprätendent seine Ansprüche.

Solche mehr frommen Wünsche als durch das Leben der Wirklichkeit gereifte Anschauungen blicken mit Vorliebe zu den Zeiten wie nach einem verlorenen Paradiese zurück, da es einem Aristoteles vergönnt war, die gesammte Bildung seiner Zeit zu umfassen. Solche fromme Wünsche halten die Culturarbeit der Menschheit gestört durch Alles, was geeignet erscheint, ihr Ideal, das doch wieder einmal erreicht werden müsste, in weitere Ferne zu rücken.

Nun aber sind die Naturwissenschaften die geistige Macht, welche alle Mittel in sich trägt, dieses Ideal zu zerstören und als ein Trugbild für die Gegenwart hinzustellen. Was Wunder also, wenn die Naturwissenschaften im Auge so mancher Gebildeten als wesentlich culturfeindliche Macht erscheinen, die man um des lieben praktischen Nutzen willen ja dulden muss, die aber für die sittliche Förderung und Erziehung des Menschengeschlechts keine Beiträge zu liefern im Stande sei.

Wir können diese Hemmnisse, welche naturwissenschaftlichem Denken entgegenstehen, als naive bezeichnen, nur von dieser Seite werden wir sie überhaupt verstehen und treffen können. Naivetät ist ein Vorzug, ein Gut, wo sie berechtigt ist; aber wo sie unberechtigt ist, muss ihr entgegengetreten werden. Wo in einer früheren Epoche der Menschheit Naivetät berechtigt war und uns darum noch heute erfrischt, da ist sie heute nicht mehr berechtigt und stösst uns ab.

Man stellt die Einfachheit, Klarheit und Durchsichtigkeit der antiken Persönlichkeiten als Ideal einer modernen Zerrissenheit gegenüber; man verbindet damit stille Wünsche für die Gegenwart, aber man vergisst, dass jede Culturperiode die

Aufgabe hat, für die allgemeine Geistesbildung und für die Bedürfnisse des Gemüthes den ihr entsprechenden Ausdruck, das ihr entsprechende Ziel und Ideal zu finden.

Es giebt Leute, welche bei dem Betriebe der Naturwissenschaften immer nur an einen unmittelbaren praktischen Nutzen und sonst an weiter nichts denken können. Es liegt auf der Hand, dass diese niedrige Auffassung von vorneherein naturwissenschaftlichem Denken als solchem jeden höheren Werth absprechen wird. Die Naturwissenschaft lässt sich in Rücksicht auf ihren praktischen Nutzen nicht unmittelbar betreiben, die Natur lässt dies gar nicht zu oder anders ausgedrückt, unsere Kurzsichtigkeit lässt es nicht zu.

Zur Bekräftigung dieser Anschauung darf ich wohl mich auf das Geständnis beziehen, das uns von Helmholtz beim Rückblick seines Lebens über die Lösung berühmter Probleme macht[1]: „Der Stolz, den ich über das Endresultat in diesen Fällen hätte empfinden können, wurde beträchtlich herabgesetzt dadurch, dass ich wohl wusste, wie mir die Lösung solcher Probleme fast immer nur durch allmählich wachsende Generalisationen von günstigen Beispielen, durch eine Reihe glücklicher Einfälle nach mancherlei Irrfahrten gelungen war. Ich musste mich vergleichen einem Bergsteiger, der ohne den Weg zu kennen, langsam und mühsam hinaufklimmt, oft umkehren muss, weil er nicht weiter kann, bald durch Ueberlegung, bald durch Zufall neue Wegspuren entdeckt, die ihn wieder ein Stück vorwärts leiten, und endlich wenn er sein Ziel erreicht, zu seiner Beschämung einen königlichen Weg findet, auf dem er hätte herauffahren können, wenn er gescheidt genug gewesen wäre, den richtigen Anfang zu finden. In meinen Abhandlungen habe ich natürlich den Leser dann nicht von meinen Irrfahrten unterhalten, sondern ihm nur den gebahnten Weg beschrieben, auf dem er jetzt ohne Mühe die Höhe erreichen mag.“

1) Ansprachen und Reden bei der Helmholtz'feier 1891. Berlin 1892. S. 54.

W. von Siemens sagt in seinen Lebenserinnerungen ganz ähnlich: „Die nächstliegenden Erfindungen von principieller Bedeutung werden in der Regel am spätesten und auf den grössten Umwegen gemacht.“

Es giebt eine andere staatsmännische Auffassung, welche es als Aufgabe der Wissenschaft ansieht, „den Schatz des Wissens und Könnens des Menschengeschlechts zu vergrössern und dasselbe dadurch einer höheren Culturstufe zuzuführen.“[1]) Mit dieser Auffassung kann der Naturforscher schon zufrieden sein, aber auch in Rücksicht auf diese ihre Culturaufgabe wird sich Naturwissenschaft ebensowenig direct betreiben lassen. Nur die unbekümmert um das Resultat angestellte Forschung hat bisher zum Ziele geführt und indirect zur Lösung jener Culturaufgabe beitragen können. Bis jetzt hat erfahrungsgemäss nur der Betrieb der Wissenschaft um ihrer selbst willen „zur Befriedigung des Wissensdranges der beschränkten Zahl ihrer Bekenner“ jene Früchte nebenher gezeitigt. Der Satz, dass in erster Linie die Wissenschaft um ihrer selbst willen da sei, steht in keinem Widerspruch zu ihrer Culturaufgabe.

Bereiten wir die Untersuchung der Frage vor, welche Aenderungen naturwissenschaftliches Denken in dem Begriff der allgemeinen Bildung herbeizuführen geeignet ist:

Darin dürfte man wohl einig sein, und daran kann ich daher wohl auch meine Bemerkungen anknüpfen, dass allgemeine Bildung nicht blos der Inbegriff einer gewissen Summe positiver Kenntnisse auf einer Reihe von Wissensgebieten ist — eine Anschauung, die ihren schulmässigen Ausdruck wohl hin und wieder darin zu finden pflegt: Gewisse Dinge muss jeder gebildete Mensch wissen, weiss er diese oder jene Thatsache nicht, dann kann er auf allgemeine Bildung keinen Anspruch machen. Aller Wissensstoff kann im letzten Grunde in Bezug auf allgemeine Bildung nur formalen d. h. hier formenden

1) Dieses und das folgende Citat aus W. v. Siemens Antrittsrede in der Berliner Akademie, 2. Juli 1874.

Werth haben und ist nur in Bezug auf diesen zu beurtheilen. Schon der sprachliche Ausdruck deutet darauf hin, dass Bildung niemals etwas Abgeschlossenes, Vollendetes, Angeeignetes sein kann, sondern die Fähigkeit zu bilden, zu formen, abzuschliessen, sich anzueignen ausdrückt. Bildung ist etwas Actives, nicht Passives. Zeichnet den Specialisten diese Fähigkeit in seinem engen Gebiet aus und macht ihn zu einem schlechtweg Gebildeten, so wird der Begriff der allgemeinen Bildung diese Fähigkeit für ein weiteres allgemeineres Gebiet in Anspruch nehmen, wenn auch letzteres nur in einem weniger intensiven Grade als ersteres.

Soweit dürfte also unter Gebildeten wohl allgemeine Uebereinstimmung herrschen; auch das wird vielleicht noch allgemein zugegeben werden, dass jede Wissenschaft, gleichviel welche es ist, den wahrhaft Gelehrten befähigt, über den engen Rahmen seines Fachs die Dinge von einem höheren Standpunkt anzusehen, dass der Lehrer einer Universität z. B. eben gerade wegen seiner tieferen Fachbildung dem Wesen der allgemeinen Bildung näher kommen kann, als sagen wir schlechthin der Techniker — und dies trotz aller Verschiedenheit der Lebens- und Weltanschauung, trotz alles Kampfes gerade in Fragen der allgemeinen Bildung.

Aber es hört allerdings die Uebereinstimmung auf, es macht sich die tiefe Kluft zwischen historisch-philologischer und mathematisch-naturwissenschaftlicher Bildung bemerkbar, welcher wir in dem einleitenden Vortrag gedachten, wenn Fragen aufgeworfen werden wie die, welche Wissenskreise denn die Fähigkeit allgemeiner Bildung am leichtesten zu fördern, am besten zu erhalten geeignet erscheinen — Fragen, welche besonders brennend werden, wenn die Erziehung der Jugend, der Kampf um die Schule zur Discussion steht.

Es giebt aber Anschauungen in der allgemeinen Bildung, über welche naturwissenschaftliches Denken schon heute keinen Zweifel mehr bestehen lässt, mit diesen will ich mich hier zuletzt beschäftigen:

Es wird nirgends so laut über das Aufgehen in Detail-

studium und die vermeintlich damit verbundene Zersplitterung Klage geführt, als in den Kreisen, welche das Phantom des Ganzen als den Kern der allgemeinen Bildung ansehen, welche Naturwissenschaft als Element der allgemeinen Bildung schon deshalb nicht gelten lassen möchten, weil sie dieses Phantom zu zerstören bereit ist.

Wenn Detailstudium für die Wissenschaft nothwendig ist, dann wird doch wohl auch die Anschauung von der allgemeinen Bildung, welche es auch sei, sich in diese Nothwendigkeit finden müssen; anstatt zu klagen, wird ihr der Versuch besser stehen, dem Detailstudium die Seiten abzugewinnen, welche auch für Zwecke der allgemeinen Bildung werthvoll erscheinen möchten. Dazu bietet unsere Auffassung die Mittel: Das Detailstudium gewährt beständige Anregung von unten, nicht nur vorhandene Anschauungen zu befestigen und zu vertiefen, sondern auch zu ändern und zu bessern; es bringt der allgemeinen Bildung die Möglichkeit immer weiterer Problemstellungen und weiterer innerer Fortschritte zum Bewusstsein. Anregung von oben ist gut zu Zwecken der Erziehung, überhaupt in Fällen geistiger Inferiorität, aber auf der höchsten Stufe menschlicher Entwicklung muss an ihre Stelle die Anregung von unten treten; sie darf für den fortschreitenden Process der allgemeinen Bildung im Leben des Einzelnen nicht fehlen, sollen die zur Selbstzucht und Selbsterziehung nothwendigen Bedingungen nicht untergraben werden.

Es ist noch nicht lange her, dass in einer Schrift „Rembrandt als Erzieher“ hingestellt wurde. In gewissem Sinne kam die Schrift dem gegenwärtig haltlosen Zustand der sogenannten allgemeinen Bildung entgegen, darauf beruhte ihr theilweiser Erfolg, ihre beispiellose Verbreitung. Die allgemeine Bildung sehnte sich nach Befestigung der ihr lieb gewordenen, aber doch nun einmal ins Wanken gekommenen Vorstellungen. Hier wurde ihre Aufmerksamkeit mit bewusster Anfeindung naturwissenschaftlichen Denkens auf ein Gebiet hingelenkt, auf dem von jeher eine gewisse Geistesaristokratie sich mit mehr oder weniger Berechtigung bewegt hatte, das Gebiet der

zu bewundernden Kunst. Mit je grösserer Einseitigkeit dieser Gedanke verfolgt und durchgeführt wurde, desto mehr musste der Standpunkt des Verfassers sinken, desto mehr konnte er auf die Dauer nicht befriedigen. Wahre künstlerische Fähigkeiten sind nun einmal unter den Menschen spärlicher ausgestreut, als intellectuelle; intellectuelle Bildung hinterlässt auch in weniger begabten Köpfen ihre fördernden Spuren, aber künstlerische Bildung, auch nur nach der bewundernden Seite auf das Allgemeine übertragen, würde eine erschrecklich grosse Zahl Stümper zeitigen.

Die Welt, das Leben, die Wissenschaft erscheint nun einmal durch die Organe naturwissenschaftlichen Denkens angesehen anders als ohne sie. Das isolirende und superponirende Denken gestattet, von einem anderen Standpunkt Alles zu durchdringen, und wenn allgemein wissenschaftliches Denken dadurch charakterisirt ist, mit verschiedenen Augen zu beobachten, die verschiedenen Seiten einer Sache immer gleichzeitig zu sehen, dann dürfte diese Fähigkeit auch für die Zwecke der allgemeinen Bildung nicht schädlich sein.

Man muss es lernen, auch für die Zwecke der allgemeinen Bildung jede Sache von verschiedenen Standpunkten anzusehen. „Kein Standpunkt hat eine absolut bleibende Geltung; jeder ist nur wichtig für einen bestimmten Zweck“ (E. Mach). Newton sah die Farbenlehre von einem anderen Standpunkt an, als Goethe; Newton nahm einen physikalischen Standpunkt ein, Goethe einen psychologischen, beide waren für ihre Zwecke berechtigt, aber die Polemik von Goethe gegen Newton war verfehlt, weil ihm die Fähigkeit abging, den anderen Standpunkt als berechtigt anerkennen zu können.

Der Ruhm und das Streben nach Vollständigkeit oder nach vollständiger Erfassung muss naturwissenschaftlichem Denken in der Regel von sehr zweifelhaftem Werth erscheinen. Beides kann nur erkauft werden auf Kosten wissenschaftlicher Ansprüche und Forderungen. Jedenfalls steht naturwissenschaftliches Denken der biblischen Anschauung, nach der unser Wissen Stückwerk ist und bleiben wird, unendlich näher,

als die verschwommene Forderung sogenannter allgemeiner Bildung, welche ein Ganzes im Auge hat. Auch ein Stückwerk hat seinen Werth: Eine Ruine aus alter Zeit ist uns wichtiger als ein Luftschloss, das an vollständigem Ausbau nichts zu wünschen übrig lässt.

Ebenso illusorisch, wie die intellectuelle Werthschätzung des Vollständigen, des Ganzen erscheint die intellectuelle Werthschätzung der Einheit. So werthvoll es ist, die Consequenzen eines Princips zu ziehen, so wenig wird man die Wirklichkeit damit erschöpfen. Man wird sich an den Gedanken zu gewöhnen haben, die Wirklichkeit als gleichzeitiges Resultat mehrerer Factoren aufzufassen, und die Forschung in jedem Fall zunächst auf einen Factor zu beschränken, um dann den nächsten in Betracht zu ziehen. Einheit ist gut, wo sie sich auf dem Wege der Erkenntnis von selbst ergiebt, aber ein auf die Spitze getriebenes Einheitsprincip ist ein phantastisches Ideal, welches, wenn es durchaus existiren soll, in unendlicher Ferne liegt. Es ist ebenso leicht wie werthlos, solche ideale Ziele anzugeben und aufzustellen. Ideale und Ziele, die Werth haben sollen, müssen mit der Wirklichkeit Fühlung haben, sie dürfen weder zu fern noch zu nah liegen. Solche Ideale aufzustellen ist schwierig, aber erkenntnistheoretisch werthvoll; zu diesen gehört das unbedingte Einheitsprincip nicht.

Der Gedanke einer geschlossenen Einheit der Bildung ist werthvoll für die Zwecke der äusseren Erziehung, aber er beschränkt den Gesichtskreis, er hemmt die weitere Entwicklung, wenn die äussere Erziehung ihren Abschluss erreicht hat, wenn die Selbsterziehung ihr Werk mit ganzer Intensität im gereiften Leben des Mannes betreibt. Der Gedanke einer geschlossenen Einheit behält auch im späteren Leben seine Bedeutung für die Sitte, für das Gemüth in der Religion und wohl auch in der Kunst. Es liegt im Wesen der Religion, dass sie vermöge ihrer sittlichen einheitlichen Macht dem Menschen ein Leitstern sein und Halt gewähren kann, wo er sich einer sittlichen Ohnmacht bewusst wird oder bewusst fühlt, wo Wissenschaft mit ihrer Macht versagt. Der weniger

Gebildete wird sich allerdings leichter sittlich ohnmächtig fühlen, für ihn bedeutet die Religion eine stärkere Macht, aber es hiesse sich über so manche Erfahrungen des Lebens hinwegtäuschen, wollte der wahrhaft Gebildete der Macht entrathen, welche ihm die Religion als geschlossene sittliche Einheit bieten kann.

Es erscheint mir verfehlt und innerlich widerspruchsvoll, wie das Häckel[1]) thun will, ein Band zwischen Religion und Wissenschaft dadurch herstellen zu wollen, dass eine einzelne Wissenschaft von ihrem begrenzten Standpunkt einen vorzeitigen Abschluss zur Einheit vollzieht, der einmal ihrem innersten Wesen widerspricht, und dann auf ganz anderen Gebieten Geltung haben soll — also z. B. sittlichen.

Der sogenannte „Monismus als Band zwischen Religion und Wissenschaft" hat seine Quelle ebenso wie jede Religion in den Bedürfnissen des Gemüths, aber dies doch nur immer für den einzelnen Forscher; wird doch auch das Gemüth an mancher Anregung zur Vornahme der Forschung in einer bestimmten Richtung Theil haben, wird doch in jeder Forschung ein Stück Gemüthsleben verborgen liegen. Aber der Monismus dürfte nicht in der Lage sein, die berechtigten Bedürfnisse des menschlichen Gemüths allgemein befriedigen zu können; er kann diesen Bedürfnissen nur sehr einseitig Rechnung tragen, indem er sich von vorneherein als durch eine Specialwissenschaft bedingt einführt, woran nichts geändert wird, wenn diese Specialwissenschaft zur Universalwissenschaft proclamirt wird.

Es ist ein Grundfehler in den Anschauungen sogenannter allgemeiner Bildung, dass der Einheitsgedanke in seiner Bedeutung für die Sitte und für den Intellect zu häufig vermengt und zu wenig auseinander gehalten zu werden pflegt, zum Schaden für beide. Die sittliche Seite des Geistes hat eine geschlossene Einheit aufzuweisen, die intellectuelle Seite

---

1) E. Häckel. Der Monismus als Band zwischen Religion und Wissenschaft. Bonn 1892. Man sehe weiter unter „Ergänzungen und Zusätze" die Bemerkungen über „Monismus".

nicht; letztere ist nicht eine geschlossene Einheit, vielmehr eine zur Einheit zu schliessen geneigte Tendenz.

Es wird richtig anerkannt, dass Intellect und Sitte in Wechselwirkung zu einander stehen, aber es kann vielleicht als Irrthum von Jahrtausenden formulirt werden, dass man diese Wechselwirkung in das Fahrwasser einer einheitlichen und daher einseitigen intellectuellen Erkenntnis einzudämmen suchte. Die Kirche glaubte einseitig die Führung auch über den Intellect übernehmen zu können, die Zulassung einer Wirkung des Intellects auf die Sitte schien gefährlich. Die intellectuelle Förderung wurde gehemmt, aber unterdrücken liess sie sich nicht; je stärker sie sich entfaltete, desto unwahrer wurde das Verhältnis der Sitte zum Intellect, desto grösseren inneren Schaden erlitten die sittlichen Kräfte der Kirche. Ein Gesundungsprocess konnte nur durch Zulassung einer berechtigten Wechselwirkung der fortschreitenden Erkenntnis des Intellects auf die sittlichen Kräfte der Kirche eingeleitet werden, die ihre Einheit darum noch nicht aufzugeben, nur zu reinigen brauchte.

Die sittlichen Kräfte bedürfen zu ihrer Vertiefung der Einwirkung des fortschreitenden Intellects, aber ebenso kann der Intellect nicht ihrer entrathen. Die intellectuelle Forschung ist ohne Willenskraft, ohne sittliche Kraft nicht denkbar, auch die allgemeine Bildung bedarf ihrer. Ich möchte dies an einem Beispiel zur Anschauung bringen, an dem Verhalten zum Nächsten. Jeder gebildete Mensch stellt sittlich so zu sagen ein berechtigtes Isolationscentrum dar, er ist es geworden auf Grund seiner Erfahrungen, seiner Bildung, seines Entwicklungsganges; darauf beruht die Achtung, die jedem gebildeten Manne entgegen zu bringen ist. Eine solche Achtung pflegt in Collegien, im amtlichen Beruf mehr entgegengebracht zu werden, als sonstwo; das Standesbewusstsein und seine Berechtigung hängt damit zusammen. Aber darüber hinaus pflegt eine Verständigung nicht so leicht möglich zu sein; der Einheitswahn verträgt keinen Widerspruch, er hält eine Modification der Meinung so leicht für ausgeschlossen und fühlt sich so gern nur durch Vernichtung der gegnerischen

Anschauung befriedigt, in welcher er nur Irrthum sieht, aus welcher er nichts Lehrreiches für sich entnehmen zu können meint.

Ich habe vom Standpunkt naturwissenschaftlichen Denkens die Kehrseite zu schildern versucht, welche die gegenwärtige Bildung aufzuweisen pflegt; ich habe nun von demselben Standpunkt die Anschauungen zu entwickeln, die mir für die allgemeine Bildung werthvoll erscheinen. Sie führen zu einer Auffassung genau entgegengesetzt der, die man sich so leicht von der Einwirkung der Naturwissenschaften auf die Bildung macht, dass sie die Zersplitterung fördern und fremde Arbeitsgebiete unterschätzen möchte.

Das Leben des Einzelnen ist viel zu kurz und zu wenig universell veranlagt, um nach dem Schema, wie es das Superpositionsprincip an die Hand giebt, Forschungen zuzulassen; hier bietet nun die Arbeitstheilung mit aller ihrer Einseitigkeit die willkommene Ergänzung zur Universalität. Der einzelne Forscher schreitet nun einmal mit einer gewissen Summe von Anschauungen und Voraussetzungen zur Construction der Wirklichkeit, wie sie ihm seine Wissenschaft darbietet, und er wird sich dieser Aufgabe, wenn auch einseitig, mit einer Liebe und Hingebung unterziehen, wie sie durch keine noch so objective Forschung als erreichbar hingestellt werden könnte. Man mag der Tendenz einer Arbeit noch so feindlich gegenüberstehen, man wird ihr, wenn sie nur in sich consequent ist, einen inneren Werth nicht absprechen können, sie mindestens als negativen Versuch gelten lassen müssen, welcher etwa zeigt, dass gewisse Voraussetzungen als Ausgangspunkt nicht gewählt werden dürfen, weil sie nicht Isolationscentren in dem früher erläuterten Sinne sind.

Man darf die Liebe und Hingebung an eine einzelne Richtung der Forschung nicht unterschätzen. „Zwischen den Bedürfnissen des Gemüths und den Ergebnissen menschlicher Wissenschaft“[1]) lässt sich in den exacten Wissenschaften viel-

1) Lotze, Mikrokosmus.

leicht schärfer, wie anderswo, bis ins Kleinste der Zwist verfolgen, dessen Auseinandersetzung nun einmal ein grosser Theil der Lebensaufgabe des Einzelnen ist. Das Gemüth möchte immer der Forschung das Resultat vorweg nehmen, es bestimmt mit die Richtung der Forschung; aber das Resultat der Forschung entspricht doch in den meisten Fällen nicht vollkommen den Erwartungen; schon die Frage- und Problemstellung, mit der man in die Forschung hineingegangen, lässt sich nicht immer aufrecht erhalten und erweist sich als verfehlt, ja als unberechtigt. Der Streit zwischen den Erwartungen des Gemüths und den Forderungen der Wissenschaft mag schwanken, aber stets endigt er damit, dass die Bedürfnisse des Gemüths gerade da in eine bestimmte Richtung gedrängt werden, wo zuvor das Gemüth die Rolle der treibenden Kraft übernahm.

Es ist psychologisch nicht uninteressant, diesen Zwist zwischen Gemüth und Forschung bei hervorragenden Entdeckungen im Einzelnen zu verfolgen: Der Naturforscher hat sich mit Liebe in eine Theorie vertieft, sie entspricht seinen Anschauungen, er tritt mit seiner Persönlichkeit für sie ein, er hat in ihrem Sinne gearbeitet und Arbeiten veröffentlicht. Nun wird er bei einer weiteren Beobachtung vor eine Thatsache gestellt, die er im Sinne der Theorie nicht deuten kann; entmuthigt bricht er die Versuche ab, aber bald sagt er sich, dass es ebenso wichtig sei, durch Versuche festzustellen, dass seine Theorie richtig, wie dass sie falsch sei; er nimmt die Versuche wieder auf, und wohl ihm, wenn sich nun zeigt, dass ein Umstand übersehen, dass die Wahrheit der Theorie auch aus der neuen Probe geläutert hervorgeht.[1])

---

1) H. Hertz. Ausbreitung der elektrischen Kraft 1892. S. 8.

Man vergleiche auch die zweite Promotionsthese von H. Hertz aus dem Jahre 1880:

„Obgleich es verfehlt sein würde, im Verlaufe einer Untersuchung eine vorgefasste Meinung beständig festzuhalten, so ist doch im Beginn der Untersuchung eine solche vorgefasste Meinung nicht nur nicht schädlich, sondern sogar nothwendig."

Das Princip der Superposition in seiner Anwendung auf das Geistesleben scheint der gegenwärtigen Bildung im Allgemeinen noch fremd, es würden sonst nicht vollkommen berechtigte Geistesströmungen, die Erfolge aufweisen, ihre Anerkennung gegenseitig auszuschliessen streben. Ich denke dabei an den gewiss oft nur künstlich genährten Gegensatz zwischen den sogenannten Geistes- und Naturwissenschaften, welcher noch immer die gebildete Nation in zwei Hälften scheidet. Der Monismus, so werthvoll er wäre, nach dem Princip der Isolation Beiträge für die Erkenntnis zu liefern, wird sich gegen nichts so eifrig wenden, wie gegen das Princip der Superposition.

Die Aneignung des Superpositionsprincips schliesst jene starre Unduldsamkeit aus, die Alles glaubt nur nach der eigenen Entwicklung und Erfahrung beurtheilen zu müssen, die so leicht jeder fremden Individualität ihre Achtung versagt, die so schnell mit dem Widerspruch bei der Hand ist, die so schwer einen Irrthum zugiebt oder eingesteht, — haben wir doch im Leben so häufig den Anblick, dass sich zwei monistische Principien unverstanden einander gegenüberstehen, bereit sich bis zur Vernichtung zu bekämpfen. Für mich persönlich sind die Discussionen weitaus die befriedigendsten gewesen, in denen es mir gelang, dem Gedanken einer Abhängigkeit der Streitfrage von verschiedenen Momenten Geltung zu verschaffen; die fördernde Verständigung war gewonnen, wenn sich der Meinungsunterschied auf eine verschieden starke Werthschätzung einzelner nothwendig in Betracht zu ziehender Momente zurückführen liess. Ich habe mir erst später klar gemacht, dass die unbewusst angewandte Isolation und Superposition dabei den Kern des Erfolges enthielt.

Ich bin am Schluss. Solchen formalen Fragen, wie ich sie behandelt, gebührt innerhalb der Wissenschaft, für welche sie aufgeworfen werden, immer nur ein bescheidener Platz. Naturwissenschaftliches Handeln steht höher als naturwissenschaftliches Denken. Aber nach Innen wirken die bescheidenen formalen Fragen vielleicht tiefer. Die grossen natur-

wissenschaftlichen Thaten und Entdeckungen blenden nach aussen, vor ihnen beugen sich viele, wie vor einer höheren Macht, eben weil sie unfassbar erscheint. Dem tiefer bildungsfähigen Laien erscheint werthvoller, als der laute Lärm des Sieges, der Entdeckung, der unscheinbare, stille Weg, der dazu geführt. Die Kenntnis dieses Weges oder doch wenigstens ein Einblick darin scheint vor Allem geeignet, die Kluft zwischen den Gebildeten der Nation auszufüllen, deren wir wiederholt bei unseren Betrachtungen gedachten.

Ergänzungen und Zusätze.

Analogie und Anschauung. — Atomistik. — Causalität (Kraft, Ursache, Wirkung). — Grundlagen des Systems der Physik. — Monismus. — Nothwendigkeit (über das Verhältnis der Nothwendigkeit des Denkens zur Nothwendigkeit des Naturgeschehens). — Oscillirende Denkprocesse. — Superposition. — Trägheitsprincip (in übertragener erkenntnistheoretischer Bedeutung).

Die vorliegenden Vorträge können und wollen ein auch nur einigermaassen vollständiges Material erkenntnistheoretischer Grundzüge der Naturwissenschaften zu geben nicht beanspruchen. Die Auswahl war mehr durch Gesichtspunkte gegeben, wie solche sich mir während einer mehr als zehnjährigen akademischen Thätigkeit vorzugsweise aufgedrängt hatten, und wie solche mir gegenwärtig einer allgemeineren wissenschaftlichen Darlegung besonders bedürftig erschienen.

Vielleicht geben die nachfolgenden Bemerkungen, welche ich nach gewissen Stichworten alphabethisch geordnet habe, in der einen oder anderen Richtung eine willkommene Ergänzung.

Analogie und Anschauung.

Aus meinem Aufsatz „über die mechanische Naturanschauung“ im Novemberheft 1893 der Zeitschrift „Himmel und Erde“ mögen hier einige Bemerkungen über die mechanische Analogie im Besonderen hinzugefügt werden.

Die Mechanik ist bekanntlich die mathematisch und physikalisch durchgebildetste naturwissenschaftliche Disciplin, und das ist der Grund, warum gerade die mechanische Analogie in der Physik eine verhältnismässig grosse Rolle spielt. Das

Ergebnis der wissenschaftlichen Entwicklung, dass Principien und Sätze der Mechanik Anschauungsformen der physikalischen Forschung geworden sind, unter welchen sich grössere Gruppen scheinbar ganz heterogener physikalischer Erscheinungen vereinigen lassen, ist um so bemerkenswerther, als Sätze und Begriffe der Mechanik, welche zunächst als Rechnungsresultate folgten, sich als solche einer unmittelbaren Anschauung entzogen.

Jede Anschauung knüpft an ein gegebenes Organ, mit dem man anschauen kann. Der äusseren Anschauung durch unsere Sinne steht eine innere Anschauung durch unseren Geist gegenüber. Das Organ zu dieser inneren Anschauung liegt nicht immer offen vor, in vielen Fällen muss es sich unser Geist erst, so zu sagen, schaffen; darin liegt mit die Fähigkeit der Begriffsbildung. Ebenso wie für die äussere Anschauung die Sinne eine Verschärfung durch Instrumente und Werkzeuge zulassen, so bildet für die innere Anschauung eine solche Verschärfung die Analogie, im besonderen Fall die Analogie der Mechanik.

Die für die Geschichte der Menschheit verhältnismässig späte Entwicklung der Physik ist dadurch bedingt, dass das Organ fehlte, durch welches der Mechanismus der Natur wahrgenommen werden kann, die Mechanik. Newton hat noch die Hauptresultate seiner Entdeckungen synthetisch, also anschaulich demonstrirt, wenngleich er sie wohl analytisch gefunden hatte; aber Ende des vorigen Jahrhunderts gewann insbesondere in Lagrange's Händen die Analyse, also die Rechnung, die unbestrittene Herrschaft, die Anschauung schien damit zurückgedrängt; nicht allein, dass die Analyse Resultate zeitigte, es war für die Anschauung schwer, oft unmöglich, diesen Resultaten zu folgen. Aber doch lässt sich die Sehnsucht nach unmittelbarer Anschauung nicht zurückdrängen.

Die gegenwärtige Richtung der Forschung kommt dieser Sehnsucht in gewissem Sinne entgegen. Wenn wir auch auf dem Wege der Analyse das Streben nach Anschauung zurückdrängen müssen, so vermittelt die Analyse doch gewisse Stufen

der Erkenntnis, von denen aus die Anschauung von neuem einsetzen kann. Die Berechtigung dieses Versuches ist durch den Erfolg zur Genüge erwiesen. Von diesem Standpunkt bekommt unsere Auffassung, dass die Mechanik als Organ für die Naturwissenschaften, insbesondere für die Physik aufzufassen ist, eine vertiefte Bedeutung.

Es wird gut sein, diese Form der Verwerthung der Mechanik für die mechanische Naturauffassung — nennen wir sie nun mechanische Analogie oder mechanisches Organ — an einem Beispiel zu erläutern. Wir wählen dazu die Verwerthung des Satzes der lebendigen Kraft aus der Mechanik für den Satz von der Erhaltung der Kraft, für das Energieprincip.

Der Satz von der lebendigen Kraft in der Mechanik besagt, dass die Aenderung der lebendigen Kraft eines Systems der auf das System geleisteten Arbeit entspricht. Beim freien Fall eines Körpers leistet die Schwere auf diesen Körper eine Arbeit, in demselben Maasse nimmt die lebendige Kraft dieses Körpers zu.

Existiren äussere und innere Kräfte, dann setzt sich die auf das System geleistete Arbeit aus der Arbeit der äusseren und inneren Kräfte zusammen, dann erreicht die lebendige Kraft denselben Werth, so oft die Configuration des Systems dieselbe wird: es gilt der Satz von der Erhaltung der lebendigen Kraft. Dies alles in Uebereinstimmung mit der Erfahrung, so lange keine Erscheinungen auftreten, die über das Gebiet der Mechanik hinübergreifen.

Nun giebt es aber Bewegungserscheinungen, bei denen in Folge von Reibung und von äusserem Widerstand lebendige Kraft verloren geht, und es zeigt sich, dass in solchen Fällen andere physikalische Erscheinungen auftreten, z. B. Wärmeentwicklungen. Haben wir nun diese als ein Aequivalent für den Verlust von lebendiger Kraft aufzufassen? Das ist die Frage, welche die Analogie mit dem Satz von der Erhaltung der lebendigen Kraft nahelegt, und welche diesem zunächst doch rein mechanischen Satz eine weit über die Mechanik hinausgehende Bedeutung beilegt.

Die Erfahrung kann allein über die Gültigkeit solcher Speculationen entscheiden. Trifft die Analogie zu, dann muss zur Entwicklung derselben Wärmemenge immer dieselbe Arbeitsgrösse nöthig sein. Genaue zu diesem Zweck unter den verschiedensten Bedingungen angestellte Messungen von Joule bestätigten diese Auffassung. Eine mechanische Arbeit von 425 Kilogramm-Metern ist danach einer Wärmemenge äquivalent, welche ein Kilogramm Wasser von 0^0 auf 1^0 Celsius erwärmt.

Es entstand die weitere Frage, ob es noch andere Grössen als Wärmemengen gäbe, welche einer mechanischen Arbeit äquivalent gesetzt werden können. Das Auftreten elektrischer und magnetischer Kräfte, die Configuration materieller Systeme, die mit Kräften behaftet sind, konnte so aufgefasst werden. Eine zweckmässige Terminologie half die Verwerthung der Analogie mit dem Satz von der Erhaltung der lebendigen Kraft noch erheblich fördern. Es bildete sich die Lehre von der Energie heraus: Die Energie ist nichts anderes als Arbeitsfähigkeit, sie nimmt verschiedene Formen an, welche in einander verwandelbar sind.

Die Aufstellung des Princips der Energie hat sich in der That formell an den Satz von der lebendigen Kraft aus der Mechanik gelehnt; die Analogie übernahm die Rolle des Führers in der Forschung, der Beweis musste der Beobachtung, also der Erfahrung entnommen werden.

Der Begriff und die Bedeutung der mechanischen Analogie ist so recht erst durch Maxwell[1]) in das Bewusstsein der Physiker gebracht.

Der vorsichtigen, zurückhaltenden Forschung, welche die Analogie oder die Benutzung mechanischer Principe und Sätze als Organ zur Anschauung verwerthet, steht die kühnere

1) Ueber Maxwell als Erkenntnistheoretiker sehe man die Ausgabe der Maxwell'schen Schrift über Faraday's Kraftlinien von Boltzmann (Ostwald's Klassiker Nr. 69) Einleitung S. 3–9 u. Anmerkungen S. 99, 100.

Forschung gegenüber, welche nicht bei der Analogie stehen bleibt, sondern bis zur Identificirung physikalischer Erscheinungen mit mechanischen fortschreitet.

Die Mehrzahl der naturwissenschaftlich interessirten Laien wird diesem Standpunkt der Identificirung ein viel grösseres Verständnis entgegenbringen als dem Standpunkt der Analogie, und es ist dies auch nicht weiter wunderbar. Wo der Forscher unter Umständen der Anschauung ganz entsagt oder sich von einer verfeinerten, vergeistigten Anschauung leiten lässt, wie sie die Analogie nahelegt, da strebt der Laie nach grobsinnlicher Anschauung, der für ihn einzig zugänglich erscheinenden Quelle eines gewissen Verständnisses.

Der physikalische Forscher ist eher geneigt der grobsinnlichen Anschauung zu entsagen, als es sich der Philosoph vielleicht vorstellen mag. Arbeitet man für einen einzelnen Fall die Vorstellung detaillirt aus, so hat das wenig Werth und Bedeutung, und es kann nicht weiter wunderbar sein, für die Erscheinung dann diejenigen Eigenschaften ableiten zu können, welche man im Wesentlichen schon in die grobsinnliche Vorstellung hineingelegt hatte. Soll aber die sinnliche Vorstellung eine grössere Klasse von Erscheinungen umfassen, dann läuft man umsomehr Gefahr, zunächst abliegende, aber doch hingehörige Punkte der Wirklichkeit nicht zu treffen, je specieller man die grobsinnliche Vorstellung ausmalt. Es wird hieraus verständlich sein, warum die wahrhaft exacte Forschung so gern mit der Ausarbeitung einer Vorstellung zurückhält.

Der Ausgangspunkt der Forschung, welche physikalische Erscheinungen mit mechanischen direct identificirt, ist der Gedanke, dass, wenn die Form zweier Erscheinungen als gleich befunden wird, wohl auch wissenschaftlich der Versuch lohnt, die Erscheinungen selbst gleich zu setzen. Die Mechanik bildet nach dieser Anschauung nicht nur das Organ für die mechanische Naturauffassung, für die Physik; diese ist vielmehr Mechanik selbst. Da die sichtbare Bewegung der ponderabeln Materie für diese Anschauung nicht beansprucht werden kann, wird für sie die unsichtbare Bewegung der

ponderabeln Materie, die Bewegung der kleinsten Theile herangezogen.

Auf das vorhin behandelte Beispiel angewandt: Die Analogie der Aequivalenz von Wärme und Arbeit mit dem Satz von der lebendigen Kraft legte die Anschauung nahe, dass Wärme nichts anderes als lebendige Kraft der kleinsten Theile sei — eine ziemlich populär gewordene Anschauung — populär schon darum, weil sie an eine andere vorhandene populäre Anschauung anknüpfen konnte, die Anschauung von der atomistischen Constitution der Materie.

Atomistik.

Die Bedeutung der Atomistik insbesondere für die Chemie soll nicht unterschätzt werden, aber sie darf auch nicht überschätzt werden. Junge Physiker, welche die erkenntnistheoretische Rolle der Theorieen noch nicht zu übersehen vermögen, verfallen häufig in den Fehler, dass sie die atomistische Constitution der Materie als eine Art Quintessenz naturwissenschaftlicher Weisheit ansehen, dass sie kaum einen physikalischen Satz aussprechen können, in dem nicht auf die Moleküle oder Atome Bezug genommen wird, auch wo gar kein Bedürfnis dazu vorliegt.

Wenn es zweifellos ist, dass für eine ganze Reihe von physikalischen Vorgängen die atomistische Constitution der Materie gänzlich unwesentlich ist, während sie für andere Vorgänge wesentlich erscheint, dann wird es auch naturwissenschaftlich von Bedeutung sein, diesen Unterschied theoretisch zum Ausdruck zu bringen. Es würde der Erkenntnisstandpunkt getrübt werden, wenn man diesen Unterschied einem falschen Monismus zu Liebe verwischen oder gar unterdrücken wollte.

Die Stärke der Theorieen beruht, von diesem Standpunkt aus angesehen, ebensowohl in dem, was sie von der Natur wiedergeben, wie in dem, was sie nicht wiedergeben. Da-

durch wird präcise zum Ausdruck gebracht, welche Bedingungen für eine Erscheinung wesentlich, welche unwesentlich sind, und darauf kommt viel an.

So ist es verkehrt, wenn man z. B. der Capillaritätstheorie von Laplace den Vorwurf gemacht hat, dass sie von der Thatsache der Verdampfung keine Rechenschaft ablegt. Die Verdampfung ist ein molekularer Vorgang, während die Erscheinungen der Capillarität (Oberflächenspannung) gröbere Vorgänge sind, für welche es genügt, auf Volumelemente zurückzugehen. Mit Vortheil hat man sogar gewisse Vorgänge, bei denen die Capillaritätserscheinungen aufhören, herangezogen, um Anschauungen über die Dimensionen der molekularen Welt zu gewinnen.

Es lässt sich nicht leugnen[1]), dass die Atomistik der physikalischen Anschauung eine Reihe der willkommensten Anknüpfungspunkte zur Erläuterung und Ausarbeitung ihrer Vorstellungen bietet. Der räumliche Abstand discreter Massentheile, der Atome und Moleküle, gewährt eine Anschauung, wie wir uns z. B. die Ausdehnung und Compression der Körper denken können, mögen solche Aenderungen nun durch Druck- und Zugkräfte oder infolge von Wärmezuführung eingetreten sein. Die kinetische Gastheorie zeigt, in welcher Weise die Molekularbewegung geeignet ist, von den Begriffen des Druckes und der Temperatur Rechenschaft abzulegen. Es gelingt, die Erscheinungen der Diffusion, Reibung und Wärmeleitung unter einem Gesichtspunkt in Uebereinstimmung mit der Erfahrung zusammenzufassen und zu Vorstellungen über molekulare Dimensionen fortzuschreiten.

Aber ebenso lässt sich nicht leugnen, dass die Verwerthung der Atomistik für die Physik bisher auf ein verhältnismässig beschränktes Gebiet weist. Die ausschliessliche, einseitige und consequente Zugrundelegung der atomistischen Vorstellung würde im gegenwärtigen Stadium der Wissenschaft einer ge-

1) Das Folgende lehnt sich an meine Darstellung „Ueber die mechanische Naturanschauung“ Himmel u. Erde. Nov. 1893. S. 68 u. folgende.

sunden physikalischen Forschung den Weg eher versperren als bahnen. Die Atomistik hat grosse Erfolge aufzuweisen, und es gebührt ihr jedenfalls ein gewisser Raum innerhalb der mechanischen Naturauffassung; aber es hiesse den thatsächlichen Werth der Atomistik verschieben, wollte man sie zum Fundament und Eckstein der mechanischen Naturauffassung erklären.

Es darf hier vielleicht an einen Ausspruch von Helmholtz aus dem Jahre 1871 erinnert werden; in der Gedächtnisrede auf Magnus sagt Helmholtz[1]):

„Ueber die Atome in der theoretischen Physik sagt Sir W. Thomson sehr bezeichnend, dass ihre Annahme keine Eigenschaft der Körper erklären kann, die man nicht vorher den Atomen selbst beigelegt hat. Ich will mich, indem ich diesem Ausspruch beipflichte, hiermit keineswegs gegen die Existenz der Atome erklären, sondern nur gegen das Streben, aus rein hypothetischen Annahmen über Atombau der Naturkörper die Grundlagen der theoretischen Physik herzuleiten.“

Diese Aeusserung von Helmholtz steht in keinem Widerspruch zu späteren Arbeiten von ihm über Elektrolyse und Farbenzerstreuung, in denen von der Atomistik ausgiebig Gebrauch gemacht wird.

Es handelt sich nicht etwa um eine Inconsequenz, welche die Atomistik in einer Disciplin anerkennt, in einer anderen bestreitet; es handelt sich vielmehr darum, in einer Disciplin mit Hülfe der Atomistik gefördert, in einer anderen Disciplin durch die Atomistik nicht gehemmt zu werden. Das Ziel der Wissenschaft bleibt die Auffindung neuer Momente und Thatsachen, und wenn einmal die Atomistik uns dazu verhilft, das andere Mal andere Grundsätze, welche der Atomistik indifferent gegenüberstehen, sind wir darum nicht inconsequent.

---

1) Vorträge und Reden 1884. II, S. 47.

Causalität.[1])

Man pflegt häufig das Naturgeschehen als ein causales zu bezeichnen. Man sagt: alles Naturgeschehen hat seinen Grund, und Aufgabe der Naturwissenschaft ist es, die Gründe für das Naturgeschehen durch Aufstellung der Naturgesetze aufzudecken.

Die moderne Erkenntnistheorie lehnt den Begriff der Causalität für das Naturgeschehen ab. Die Frage nach dem Warum der Erscheinungswelt gehört ebenso wie die Frage nach dem Wozu einer früheren Epoche an. Der Begriff der Causalität hat seine Stelle und sein Recht im Gebiet menschlicher Handlungen und Einrichtungen und darf nicht auf das äussere Naturgeschehen übertragen werden.

Das Naturgeschehen ist ein nothwendiges nicht in dem Sinne, dass wir die Gründe dafür angeben können oder anzugeben hätten, sondern weil sich uns dasselbe als ein ausnahmsloses aufgedrängt hat. Es handelt sich um keine causale, sondern um eine reale Nothwendigkeit.

Unsere Vorstellungen und Begriffe über das ausnahmslose, nothwendige Naturgeschehen hat bisher mehr als förderlich das Beispiel des Planetensystems mit seinem ewigen Kreislauf beherrscht. Passender scheinen Beispiele, in denen ein in endlicher Zeit ablaufender natürlicher Vorgang in Betracht kommt z. B. das Ablaufen einer Uhr, das Hinunterrollen einer Lawine und dergl.

Der Ablauf allen Naturgeschehens ist an und für sich ein nothwendiger, darum brauchen aber die Thatsachen, welche den Anfang eines solchen Ablaufs einleiten oder auslösen, noch keine nothwendigen zu sein. Ein solcher natürlicher Ablauf setzt in einer Gleichgewichtslage ein und endigt mit einer solchen. Den Vorgang, durch welchen ein solcher natürlicher Ablauf eingeleitet wird, bezeichnet man mit dem Namen Aus-

1) Die nachfolgende Darstellung lehnt sich an einen Aufsatz von mir über „Causalität und Naturwissenschaft" in der Zeitschrift „Himmel und Erde" Mai 1896, auf welchen hier hingewiesen werden möge.

lösung. Durch Auslösungen kann auch in den Ablauf des nothwendigen Naturgeschehens eingegriffen werden und die Richtung des natürlichen Ablaufs modificirt werden — das thut z. B. der Arzt bei Krankheitsfällen.

Die Nothwendigkeit des Naturgeschehens schliesst die Bethätigung der Freiheit des menschlichen Willens nicht aus. Die Freiheit des menschlichen Willens macht sich die Kenntnis des Mechanismus des nothwendigen Naturgeschehens zu Nutze und äussert sich darin, die Bedingungen zu schaffen, unter denen Auslösungsvorgänge herbeigeführt werden, um bestimmte Zwecke zu erreichen. Wohl können auch ausserhalb des menschlichen Willens Auslösungsvorgänge eingeleitet werden. So können auch Zufälligkeiten, Trivialitäten Gründe, d. h. Ursachen abgeben. Grund und Zufall stehen sich einander logisch nicht contradictorisch, sondern nur conträr gegenüber.

Wie in so vielen Dingen hat die Klarstellung dieser Verhältnisse ein erkenntnistheoretisch unfruchtbarer Monismus verzögert, der aus der Nothwendigkeit des Naturgeschehens die Nothwendigkeit alles Geschehens machte. Es ist Aufgabe einer allgemeinen Wissenschaftslehre, die Interessensphären der einzelnen Wissenschaften gegeneinander abzugrenzen, ohne sie auszuschliessen oder contradictorisch einander gegenüberzustellen.

Im Anschluss an das vorstehend Auseinandergesetzte wird es sich empfehlen, einige Bemerkungen über die Terminologie Kraft, Ursache und Wirkung hinzuzufügen. Für die physikalische Terminologie ist die geschichtliche Entwicklung der Wissenschaft maassgebend gewesen, vor Allem die Thatsache, dass von Newton bis in die Mitte dieses Jahrhunderts die physikalischen Fortschritte und Erfolge in erster Linie auf dem Gebiete der momentanen Wirkungsäusserungen lagen.

So wurde denn auch die physikalische Bezeichnung Kraft zunächst von der Galilei-Newton'schen Physik im Sinne von momentaner Wirkungsäusserung gebraucht. Wirkung (bewegende Kraft) wurde die Abweichung vom Galilei'schen

Trägheitsgesetz genannt, und insofern es gelang, die Grösse dieser Wirkung in Beziehung mit der Configuration (Abhängigkeit von der Entfernung) zu setzen, sprach man von Kraft schlechtweg.

Gleichzeitig spielte aber in den Naturwissenschaften die Bezeichnung Kraft im Sinne von Wirkungsfähigkeit (Summe aller möglichen Wirkungsäusserungen) eine Rolle, eine Bezeichnung, die auch in der Physik zum Durchbruch kam, als der Satz von der Erhaltung der Kraft von der Medicin aus (Mayer, Helmholtz) in die Physik eingeführt wurde. Es lässt sich nicht leugnen, dass diese letztere Bezeichnung dem Geist der Sprache näher kommt.

Die weitere Entwicklung in der Physik war die, dass der Satz von der Erhaltung der Kraft nicht ohne Weiteres Anerkennung fand, und als er sie fand, zog man es vor, der Eindeutigkeit der Bezeichnung zu Liebe die Bezeichnung Kraft im Sinne der Newton'schen Physik beizubehalten und die Bezeichnung Kraft im Sinne des Satzes von der Erhaltung der Kraft durch die Bezeichnung Energie zu ersetzen. Ob diese Verfügung über die Bezeichnung Kraft zweckmässig war, muss heute um so mehr als zweifelhaft angesehen werden, als sich die Tendenz bemerkbar macht, die Bezeichnung Kraft überhaupt ganz aus der Physik zu entfernen. Es haften dem Wort zu viele Nebenbedeutungen an.

Entsprechend dieser Doppelbedeutung des Kraftbegriffs haben wir die Vieldeutigkeit der Begriffe Ursache und Wirkung hervorzuheben. Die Galilei-Newton'sche Physik unterstützt die Anschauung von den Kräften als den Ursachen der Wirkungen, setzt die Ursache gleich der Kraft (gleiche Ursachen gleiche Wirkungen), und sieht in den Kräften mehr ein über den Erscheinungen schwebendes, als ein in den Erscheinungen und Vorgängen liegendes Etwas. Dem gegenüber steht die energetische Auffassung.

Die Worte Ursache und Wirkung braucht Mayer sehr consequent im Sinne in einander übergehender Energieformen,

also einer Aufeinanderfolge von Energieformen; dementsprechend finden sich auch im Sachregister der Gesammtausgabe der Mayer'schen Schriften von J. Weyrauch unter dem Stichwort „Ursache und Wirkung“ zahlreiche Hinweise. In seinem Aufsatz über Auslösung bemerkt Mayer ausdrücklich, dass man in ganz anderem Sinne bei der Auslösung auch von Ursache und Wirkung zu sprechen pflegt.

Helmholtz braucht die Worte Ursache und Wirkung sehr verschieden, in der Mehrzahl der Fälle im Sinne der Galilei-Newton'schen Physik, dann aber auch im Sinne in einander übergehender Energieformen, nie im Sinne von Auslösungsenergie. Helmholtz hat offenbar keinen allzu grossen Werth darauf gelegt, sich nach dieser Richtung consequent zu präcisiren, und demgemäss fehlt in den Sachregistern seiner „Wissenschaftlichen Abhandlungen“ das Stichwort Ursache.

Im Sinne der Energetik werden wir überall, wo wir volksthümlich von Ursache und Wirkung sprechen, mehrere Energieformen vor uns sehen, die durch einen Auslösungsvorgang, der auch als energetische Grösse zu fassen ist, in einander übergeführt werden. Es giebt keine irrthümlichere Anschauung, als die, dass ein Vorgang, ein Ereignis als Wirkung, als Folge gefasst auch immer nur eine Ursache habe oder auch nur haben könne.

Innerhalb des nothwendigen Ablaufs alles Naturgeschehens hat der Begriff Ursache überhaupt keine Stelle, ihm kann eine Stelle nur für die Auslösungsvorgänge angewiesen werden, welche jenen nothwendigen Ablauf des Naturgeschehens einleiteten. Geht man aber auf diese Auslösungsvorgänge am Anfang des Ablaufs zurück, dann zeigt sich, dass die vermeintliche eine Ursache etwas sehr Zusammengesetztes ist, ein Complex von Ursachen. Im einfachsten Fall können wir zwischen einer inneren und einer äusseren Ursache, einem inneren Grunde und einer äusseren Veranlassung unterscheiden; die innere Ursache, der innere Grund liegt in dem System, innerhalb dessen der Ablauf sich abspielt; die äussere Ursache, die

·ranlassung liegt ausserhalb des Systems, zu dem sie
gegebenen Zeit in Beziehung tritt.

ɾechen wir von Ursachen nur in Beziehung zu einem ·estande, so denken wir uns thatsächlich den anderen .tbestand stillschweigend hinzu, ohne dass wir ihn nament-ch aufführen. Die einen nennen dann Ursache die ursprüngliche Energieform, welche in dem Auslösungsvorgang verwandelt wird (insbesondere gilt das von potentiellen Energieformen); die anderen nennen Ursache den in der Regel kleinen Betrag der Auslösungsenergie, das entspricht im Allgemeinen den volksthümlichen Vorstellungen, an welche auch die Sprache begrifflich anzuknüpfen pflegt (kleine Ursachen grosse Wirkungen).

Grundlagen des Systems der Physik.

Im Anschluss an einen Vortrag[1]) möchte ich hier über die begrifflichen Grundlagen der Physik noch Folgendes ausführen:

Man darf erkenntnistheoretisch die systematischen Grundlagen des physikalischen Gebäudes nicht mit denen der reinen Mathematik auf eine Stufe stellen. Die Grundlagen der Physik sind einmal erkenntnistheoretisch reicher, dann liegen sie aber auch anders, weil die Physik wie alle Naturwissenschaft Erfahrungswissenschaft ist. Zu einem fundamentalen Unterschied drängt von vorneherein die Frage, ob die Physik Axiome habe, wenn man dieselbe, wie ich es thue, zu verneinen geneigt ist.

Newton spricht allerdings in seinen Principien von den „Axiomata sive leges motus", aber er thut es mehr, um auf

1) Hat die Physik Axiome? Erkenntnistheoretische Studien über die Grundlagen der Physik. Vortrag, gehalten in der Physikalisch-ökonomischen Gesellschaft zu Königsberg i/Pr. am 5. April 1894. — Auch auf das Werk von E. Mach: Die Mechanik in ihrer Entwicklung, historisch-kritisch dargestellt, 2. Aufl. Leipzig 1889, mag hier hingewiesen werden.

das systematisch formelle Analogon mit den geometrischen Axiomen hinzuweisen; kommt es ihm doch darauf an, der Darstellung seiner Principien äusserlich die Gestalt von Euklid's Elementen zu geben. Dass es Newton fern liegt, die Bezeichnung der Geometrie „Axiome“ auch erkenntnistheoretisch unmittelbar auf die Physik zu übernehmen, dafür möchte ich anführen, dass das Wort „Axiom“ bei Newton nur als Ueberschrift vorkommt, die einzelnen Sätze speciell als Lex I, II, III bezeichnet werden; auch die einleitenden Bemerkungen zum dritten Buch der Principia „De mundi systemate“ scheinen mir für diese Auffassung zu sprechen.

Die Unterschiede, die hier erkenntnistheoretisch hervorgehoben werden sollen, können dadurch verwischt werden, dass man auf der einen Seite die Grundlagen der Geometrie vom naturwissenschaftlichen Standpunkt ansieht, auf der anderen dadurch, dass man das System der Physik mehr vom Standpunkt des Mathematikers betrachtet. Beide Standpunkte sind natürlich durchaus berechtigte Isolationscentra, aber ebenso berechtigt wird das erkenntnistheoretische Isolationscentrum sein, von dem aus ich die Grundlagen der Geometrie vom mathematischen Standpunkt, die der Physik vom physikalischen Standpunkt ansehen möchte.

Wenn z. B. Helmholtz in den Axiomen der Geometrie eine Reihe von Sätzen sieht[1]), die in unmittelbarster Beziehung zu unseren räumlichen Anschauungen und Erfahrungen stehen — Sätze, die uns geradezu empirisch gegeben sind, stellt er sich auf einen naturwissenschaftlichen Standpunkt. Wenn andererseits F. Klein in den Axiomen Forderungen sieht[2]), vermöge deren wir uns über die Ungenauigkeit der Anschauung oder über die Begrenztheit der Genauigkeit der Anschauung

1) H. v. Helmholtz, Ueber den Ursprung und die Bedeutung der geometrischen Axiome 1870. Vorträge und Reden II S. 1. 1884.

2) F. Klein. Nicht Euklidische Geometrie I, Vorlesung Winter 1889/90. Autographische Ausarbeitung von F. Schilling. II. Abdruck. Göttingen 1893. S. 356. Diese Auffassung liegt wohl auch in Euklid's Bezeichnung „αἰτήματα“.

zu unbegrenzter Genauigkeit erheben, stellt er sich auf einen mathematischen Standpunkt, der uns hier, wo auf die Unterschiede zwischen Mathematik und Physik hingewiesen werden soll, mehr interessirt.

Als begriffliche Grundlagen der Physik möchte ich ansehen: Festsetzungen oder Definitionen, Hypothesen oder Vorstellungen, beziehungsweise Anschauungen, Naturgesetze, Principe, beziehungsweise Grundsätze und Postulate.

Der Physik, als geschlossenes System genommen, würde es entsprechen, wenn ich die physikalischen Principe oder Grundsätze (z. B. das Trägheitsgesetz, das Princip der Gleichheit von actio und reactio) vor den Naturgesetzen (z. B. Gravitations- und elektrische Gesetze) und hypothetischen Vorstellungen (Undulationsvorstellung des Lichtes) behandelte. Aber erkenntnistheoretisch wird sich doch empfehlen, die Sätze und Vorstellungen, welche der Physik ihren realen Inhalt geben, voranzunehmen. Wenn auch der zufällige Gang der Geschichte der Wissenschaft im Einzelnen zeigt, wie abwechselnd bald ein Naturgesetz oder eine Festsetzung einem physikalischen Princip vorangeht, bald ihm folgt, so war doch im Grossen und Ganzen der Gang der Entwicklung der inductive vom Speciellen zum Allgemeinen. Bei dem speciellen Studium der Schwere, an den Fallgesetzen erschloss sich einem Galilei das allgemeine Princip der Trägheit. Die speciellen Gesetze der Elektricität waren bekannt, als man erst neuerdings anfing, ihre inneren Beziehungen zu den allgemeinen mechanischen Principien aufzusuchen.

Ich beginne mit den Festsetzungen oder Definitionen in der Physik:

Schon die elementaren Festsetzungen der Physik tragen insofern einen anderen Charakter, wie in der Geometrie, als sie nicht blos naheliegenden Abstractionen aus der räumlichen Anschauung gleichkommen wie z. B. Punkt, Linie, Fläche. Es sind nicht blos Hülfsbegriffe in dem Sinne, gewisse Vorstellungen in jedem Augenblick zu concentriren, um eine bequeme Verständigung zu ermöglichen, sie sollen vor Allem auch

Hülfsbegriffe in dem Sinne sein, dass sie die Elemente in sich enthalten, welche helfen können, den menschlichen Geist in der Erkenntnis der Natur zu fördern. Sie greifen insofern schon einer wissenschaftlichen Behandlung der Physik vor, als sie für die Naturbeschreibung zweckmässig gewählt sein müssen.

So stellt sich erfahrungsgemäss z. B. der Begriff der Geschwindigkeit als brauchbarer und zweckmässiger heraus als der reciproke Begriff der Langsamkeit, schon deshalb, weil er fruchtbarer ist, weil er gestattet, weiteren Begriffsfestsetzungen als zweckmässige Grundlage zu dienen, wie dem Begriff der Beschleunigung und der Kraft.

Die Naturgesetze werden in der Regel zunächst hypothetisch eingeführt und rücken erst allmählich aus dem Range einer Hypothese in den Rang eines Naturgesetzes. Wenn ich aber darum noch nicht die Bezeichnung Hypothese und Naturgesetz identificiren möchte, so befinde ich mich damit vollständig in Uebereinstimmung mit Newton's Sprachgebrauch, der seinen Ausdruck in dem in Bezug auf das Gravitationsgesetz gemachten classischen Ausspruch findet: „hypotheses non fingo“[1]).

Der in der Wissenschaft als Naturgesetz eingeführte Satz wird doch nur anfänglich einen hypothetischen Charakter tragen. Das wiederholt bestätigte Naturgesetz — z. B. Newton's Gravitationsgesetz — soll doch der getreue Ausdruck der sinnlich zugänglichen Wirklichkeit sein; es soll ein Thatbestand damit ausgedrückt sein.

Die hypothetische Vorstellung im Sinne Newton's würde mit Speculationen darüber zu beginnen haben, wie so etwas wie Gravitation zu Stande kommt. In diesem Sinne ist die Wellenvorstellung vom Licht weitergehend als das Newton'sche Gravitationsgesetz; sie ist eine über den Thatbestand hinausgehende hypothetische Vorstellung für uns; sie will uns die Wirklichkeit durch den Sinnen nicht unmittelbar zugängliche Vorstellungen, also durch übersinnliche Vorstellungen näher-

1) Newton, Philosophiae naturalis principia mathematica. Liber tertius Scholium generale.

bringen. Für diese übersinnlichen Vorstellungen möchte ich die Bezeichnung Hypothese reserviren. In diesem Sinne habe ich in den Vorträgen gesagt: Hypothesen sind zu Grunde gelegte Vorstellungen und Anschauungen, mit denen wir uns über die Ungenauigkeit der sinnlichen Anschauung erheben. Als weitere Beispiele sind früher zum Theil schon behandelt: die Emanationshypothese von Newton[1]), die Molekularvorstellung, die Vorstellung der kinetischen Gastheorie.

Die mehr mathematische Auffassung der Physik besteht nun darin, auch die Naturgesetze der Physik als Forderungen aufzufassen, mit denen wir uns über die Ungenauigkeit der sinnlichen Anschauung erheben, den durch ungenaue Beobachtungen erhaltenen einfachen mathematischen Ausdruck eines Naturgesetzes als absolut genau zu nehmen. Das scheint z. B. die Auffassung von Poincaré in der Einleitung zu seiner Thermodynamik[2]) zu sein.

Dieser mehr mathematischen Auffassung der Bedeutung der Naturgesetze glaube ich die naturwissenschaftliche Auffassung entgegenstellen zu müssen, welche ich an anderer Stelle in folgender Weise formulirt habe[3]):

„Wenn wir auf empirischem Wege zu Gesetzen fortschreiten, dürfen die Gesetze auch weiter nichts beanspruchen, als eine Wiedergabe des empirischen Materials in comprimirter Form zu sein, gültig in den Grenzen, in denen sich die Beobachtung bewegt.

Man darf nicht verwechseln die Strenge der Gültigkeit eines Naturgesetzes mit der Strenge des Ausdrucks oder die allgemeine Anwendbarkeit eines Gesetzes mit einer unbegrenzten Ausdehnung des Ausdrucks“.

1) Also bildete Newton doch Hypothesen. Sein Ausspruch „hypotheses non fingo“ hat eben nur Beziehung auf das Gravitationsgesetz.

2) H. Poincaré, Thermodynamique. 1892.

3) Ueber Gesetze und Aufgaben der Naturwissenschaften insbesondere der Physik in formaler Hinsicht. Himmel und Erde. 4. S. 453. 1892.

Es war mit der erkenntnistheoretische Zweck dieser Fassung, dauernd an den empirischen Ursprung der Naturgesetze zu erinnern, also den inductiven Charakter der Physik zu wahren. Es sollte durch diese Fassung aber keineswegs der Versuch einer Anwendung der Naturgesetze über das bisher festgestellte Gültigkeitsbereich hinaus verurtheilt werden, es sollte im Gegentheil die Aufforderung darin liegen, durch solche Versuche den Ausdruck für das Naturgesetz immer genauer festzustellen.

Dass die Entwicklung der Wissenschaft bei solch fortgesetzten Versuchen in vielen Fällen zu einer Verbesserung, also Abänderung des Ausdrucks für das Naturgesetz führt, lehrt eindringlich die gegenwärtige Entwicklung der Elektricitätslehre. Die allzu mathematische Auffassung der Naturgesetze als Forderung möchte uns stärker an den jedesmaligen Standpunkt der Physik ketten, als es zu Zwecken einer fortschreitenden Naturwissenschaft nützlich wäre.

In ähnlichem Sinne äussert sich Newton[1]): „In philosophia experimentali, propositiones ex phaenomenis per inductionem collectae, non obstantibus contrariis hypothesibus, pro veris aut accurate aut quamproxime haberi debent, donec alia occurrerint phaenomena, per quae aut accuratiores reddantur aut exceptionibus obnoxiae.

Hoc fieri debet, ne argumentum inductionis tollatur per hypotheses“.

Ich komme zu den physikalischen Principen (Grundsätzen). Es sind dies die Grundsätze, nach denen die Natur unter allen Umständen handelt. Diese gewähren ein ganz besonderes erkenntnistheoretisches Interesse. Es handelt sich hier um Sätze, wie sie Newton als axiomata sive leges motus bezeichnet hat; in der That, es sind Sätze, die mit den Axiomen der Geometrie eine formale Aehnlichkeit haben.

Sie haben im Gegensatz zu den Naturgesetzen mit den

1) Newton, Principia. Liber Tertius Regula IV.

Axiomen der Geometrie das gemein, dass von einer Genauigkeitsgrenze, von einem Gültigkeitsbereich nicht gut gesprochen werden kann, aber sie haben weiter im Gegensatz zu den Axiomen der Geometrie mit den Naturgesetzen das gemein, dass schon immerhin ein reicher, nicht unmittelbar gegebener Erfahrungsschatz nöthig ist, sie aufzustelllen. Wir können sie als Forderungen charakterisiren, die auf Grund eines gewissen Ueberblicks über die Vorgänge in der Natur für den Versuch einer systematischen Behandlung erhoben werden müssen, Forderungen, zu denen wir durch die Macht der Thatsachen gedrängt werden, Forderungen, mit denen wir uns wie bei den Axiomen der Geometrie zu unbegrenzter Genauigkeit erheben, ohne dass wir dabei die Sinnenwelt verlassen, deren Uebersteigung gerade für das Wesen der Hypothesen charakteristisch war.

Vielleicht ist es hier erlaubt, eine Bezeichnungsweise der Geometrie zu entlehnen. Die Geometrie spricht von projectivischen und metrischen Eigenschaften räumlicher Figuren. Die projectivischen Eigenschaften bleiben bei Projectionen erhalten, die metrischen Eigenschaften beziehen sich auf Entfernungen und Winkelgrössen. Ich möchte ähnlich die Naturgesetze, als metrische Aussagen, die Grundsätze als projectivische Aussagen über physikalische Vorgänge bezeichnen.

Die Aufstellung der physikalischen Principe hat von jeher dem menschlichen Geiste die allergrössten Schwierigkeiten bereitet, in der Regel waren ganze Generationen daran betheiligt, und wenn glücklich einem Genie die Aufdeckung eines solchen Grundsatzes gelang, liess die allgemeine Anerkennung noch lange genug auf sich warten (ich erinnere an die Geschichte des Satzes von der Erhaltung der Kraft). Psychologisch bemerkenswerth ist im Gegensatz zu diesem Thatbestand die Erscheinung, dass Naturgesetze kurze Zeit, nachdem sie Anerkennung gefunden, nur allzubald von vielen axiomatisch, d. h. also als selbstverständlich behandelt wurden.

Jeder Satz, den man als Beispiel anführen könnte, erfordert seine besondere Behandlung. Die bisherige geschicht-

liche und daher oft zufällige Entwicklung der Physik wirkt hier mit ein, und so ist es denn auch nicht ausgeschlossen, dass ein späteres System der Physik diesen Grundsätzen gegenüber eine andere Stellung einnehmen wird, wie das gegenwärtige.

Schon aus diesem Grunde werde ich mich des Versuchs einer weiteren allgemeinen Charakteristik dieser Grundsätze enthalten und lieber an einer Reihe ausgewählter Beispiele, die hier in Frage kommen, erkenntnistheoretische Momente besprechen. Für meine Darstellung ist die Reihenfolge bequem: Der Satz von der Erhaltung der Masse, der Satz von der Erhaltung der Kraft, das Trägheitsgesetz.

Der Satz von der Erhaltung der Masse[1]) spielt ja allerdings innerhalb einer Reihe von Gebieten die Rolle eines Naturgesetzes, für welche eine Genauigkeitsgrenze wohl angeführt werden kann; ich denke an die Chemie, für welche er von Lavoisier formell zuerst aufgestellt wurde, und an die Astronomie, für welche die Erhaltung der Umlaufszeit der Planeten ein Beweis für die Unveränderlichkeit der Sonnenmasse ist. Aber für die Physik muss dieses Material, so ausreichend es für die Chemie und Astronomie ist, zur Begründung eines Satzes von der Tragweite, wie es der Satz von der Erhaltung der Masse ist, als dürftig bezeichnet werden. Da weist der Satz von der Erhaltung der Kraft ein ganz anderes Begründungsmaterial auf.

Wir müssen auf die Elemente der Mechanik zurückgehen, um dem Satz von der Erhaltung der Masse seine erkenntnistheoretische Stellung für die Physik anzuweisen. Der Satz von der Erhaltung der Masse ist so sehr mit anderen Grundbegriffen in der Mechanik verknüpft, dass er schon in den einfachsten Gleichungen der Mechanik, in denen der Begriff

---

1) Man hat diesen Satz häufig weniger präcise als „Satz von der Erhaltung der Materie“ bezeichnet. Man vergl. darüber E. Mach in seinem Vortrag: „Die ökonomische Natur der physikalischen Forschung“ 1882, wieder abgedruckt in seinen populär wissenschaftlichen Vorlesungen 1896, S. 219 unten. In ähnlichem Sinne äussert sich W. Ostwald.

der Masse überhaupt vorkommt, implicite enthalten ist. Natürlich kann man alle Folgerungen der Mechanik im Sinne dieses Satzes deuten, aber es gelingt nicht, ihn in seiner Reinheit explicite derart von anderen Festsetzungen und Naturgesetzen zu isoliren, dass er z. B. in dem Sinne als ein unabhängig für sich bestehendes Naturgesetz formal hingestellt werden könnte, wie der Satz von der Erhaltung der Kraft für die gesammte Physik hingestellt wird.

Für das gegenwärtige System der Physik wird daher der Satz von der Erhaltung der Masse als ein Grundsatz, ein Postulat zu betrachten sein — in dem Sinne meiner allgemeinen Bemerkungen über die physikalischen Principe und Grundsätze.

Der Satz von der Erhaltung der Kraft hat seit seiner Entdeckung bis auf die Gegenwart die Rolle eines Naturgesetzes gespielt. Die Bestimmung des mechanischen Wärmeäquivalents mit seinen durch die Messung bedingten Fehlergrenzen enthält vorzugsweise die metrischen Elemente, welche ich vorhin als für ein Naturgesetz im Gegensatz zu einem Postulat als charakteristisch zu bezeichnen versucht habe. Aber davon abgesehen hat das Energieprincip eine Tragweite und Bedeutung in der Physik erlangt, welche doch wohl die kühnsten Erwartungen seiner Entdecker übertroffen haben möchte. Die Thatsache der ausserordentlichen Fruchtbarkeit des Princips hat die Frage nach seinen Genauigkeitsgrenzen gänzlich in den Hintergrund gedrängt, und es dürfte kaum einen Physiker geben, der an der absoluten Genauigkeit des Satzes im Gegensatz zu solchen Gesetzen wie das Newton'sche Gravitationsgesetz zweifelt. Damit scheint aber allmählich der Satz von der Erhaltung der Kraft in die Rolle eines Postulats gerückt.

In der That, nachdem ein halbes Jahrhundert der Begründung des Energieprincips ein überreiches Erfahrungsmaterial zugeströmt ist, welches den Begriff der Energie dem menschlichen Geiste nur immer eindringlicher nahe legen konnte, warum soll nun der menschliche Geist diesem ihm

jetzt ganz geläufigen Erfahrungsmaterial gegenüber nicht intuitiv eine andere Stellung einnehmen, ähnlich wie sie der Geometer seinen Axiomen gegenüber einnimmt?[1]) Unzweifelhaft wird in den Augen vieler diese Wandlung der Stellung des Energieprincips vom Naturgesetz zum Postulat den metaphysischen d. h. aprioristischen Nimbus, der den Satz zur Verdunkelung des Thatbestandes schon immer umgeben, nur vermehren. Der geschichtskundige Forscher wird sein Auge nur geschärft finden, naturwissenschaftliche Grundsätze nicht aprioristisch zu nehmen.

Das Trägheitsgesetz. Ich behandle das Trägheitsgesetz nach dem Satz von der Erhaltung der Kraft, weil gerade die Wandlung in der Stellung des Energieprincips geeignet erscheint, eine erkenntnistheoretische Untersuchung des Trägheitsgesetzes zu erleichtern. Wir befinden uns dem Trägheitsgesetz gegenüber heute vielleicht in ähnlicher Lage wie der Geometer seinen Axiomen gegenüber, dem es gerade darum so schwer fällt, an seinen elementaren Sätzen erkenntnistheoretische Studien anzustellen, weil der Inhalt dieser Sätze so einleuchtend, so unmittelbar zugänglich ist. So scheint dem Physiker heute das Trägheitsgesetz so einleuchtend, so unmittelbar, dass es als Axiom vorgetragen zu werden pflegt. Aber es gab eine Zeit, wo der Inhalt des Trägheitsgesetzes dem menschlichen Geiste durchaus nicht so unmittelbar zugänglich erschien, und dies werden wir uns zu vergegenwärtigen haben, um die Bedeutung der Galilei'schen Forschung noch heute würdigen zu können.

Das Galilei'sche Trägheitsgesetz hat die Wandlungen in einer früheren Epoche der Wissenschaft durchgemacht, die wir heute das Energieprincip durchmachen sehen. Von Galilei auf Grund eines umfangreichen Erfahrungsmaterials, das eine

1) In etwas anderer Form habe ich diesem Gedanken Ausdruck gegeben in meinem Aufsatz: „Ueber die mechanische Naturanschauung" 1893. Himmel und Erde 6. S. 64: Principien und Sätze der Mechanik sind Anschauungsformen der physikalischen Forschung geworden. Man sehe auch S. 148 dieser Schrift unter Analogie und Anschauung.

aufmerksame Betrachtung der Natur — um nicht zu sagen Beobachtung — an die Hand gab, als Naturgesetz aufgestellt, zeigte die weitere Entwicklung der Wissenschaft, dass hier in keiner Weise von Genauigkeitsgrenzen oder einem Gültigkeitsbereich des Satzes in dem Sinne gesprochen werden konnte, den ich vorhin als näheres Charakteristikum eines Naturgesetzes bezeichnete. Es sind eine Reihe von Untersuchungen, die durch die bekannte Leipziger Antrittsvorlesung von C. Neumann[1]) inaugurirt wurden, welche die erkenntnistheoretische Stellung des Trägheitsgesetzes dahin klar stellten, dass wir das Trägheitsgesetz als ein auf Grund reichen empirischen Materials aufgestelltes Postulat erklären müssen.

Anhangsweise möchte ich noch darauf hinweisen, dass Aeusserungen von Riemann[2]) im Gegensatz zu meinen Anschauungen stehen. Ich kann aber nicht zugeben, dass das Wort Hypothese heute „eine etwas andere Bedeutung als bei Newton“ haben soll, und finde, dass die von Riemann citirte Antwort von Laplace auf Napoleon's Frage, „weshalb in seiner Méc. cel. der Name Gottes nicht vorkomme: Sire, je n'avais pas besoin de cette hypothèse“ sich mit dem von mir charakterisirten Sprachgebrauch deckt, wonach wir uns in einer Hypothese zu einem übersinnlichen Standpunkt erheben.

Monismus.

Das Berechtigte im Monismus liegt in der Verwerthung des Isolationsprincips, wie die Berechtigung aller einheitlichen Behandlungen in der erkenntnistheoretischen Bedeutung des Isolationsprincips liegt. Die Bezeichnung Isolation hat aber

1) C. Neumann. Ueber die Principien der Galilei-Newton'schen Theorie. 1870.

2) B. Riemann. Gesammelte mathematische Werke und wissenschaftlicher Nachlass. Herausgegeben von H. Weber, Leipzig 1876. Erkenntnistheoretisches. S. 493.

den Vortheil, dass sie vor den unberechtigten Verallgemeinerungen schützt, die der Monismus macht.

E. Häckel scheint mir gar zu schnell bereit, alle naturwissenschaftlich bedeutenden Fortschritte zu Gunsten seiner monistischen Weltanschauung herbeizuziehen und alle hervorragenden Naturforscher der Gegenwart zu Monisten zu stempeln. Wie wenig er z. B. berechtigt war, H. Hertz als Monisten zu behandeln, darf vielleicht folgendes Citat der nachgelassenen Principien der Mechanik Leipzig 1894 zeigen. Seite 45 heisst es da:

„Einen Vorbehalt müssen wir indessen hier einschalten. Es ist gewiss eine gerechtfertigte Vorsicht, wenn wir im Texte das Gebiet unserer Mechanik ausdrücklich beschränken auf die unbelebte Natur und die Frage vollkommen offen lassen, wie weit sich ihre Gesetze darüber hinaus erstrecken. In Wahrheit liegt die Sache ja so, dass wir weder behaupten können, dass die inneren Vorgänge der Lebewesen denselben Gesetzen folgen, noch auch behaupten können, dass sie anderen Gesetzen folgen. Der Anschein aber und die gewöhnliche Meinung spricht für einen grundsätzlichen Unterschied. Und dasselbe Gefühl, welches uns antreibt, aus der Mechanik der leblosen Welt jede Andeutung einer Absicht, einer Empfindung, der Lust und des Schmerzes, als fremdartig auszuscheiden, dasselbe Gefühl lässt uns Bedenken tragen, unser Bild der belebten Welt dieser reicheren und bunteren Vorstellungen zu berauben. Unser Grundgesetz, vielleicht ausreichend, die Bewegung der todten Materie darzustellen, erscheint wenigstens der flüchtigen Schätzung zu einfach und zu beschränkt, um die Mannigfaltigkeit selbst des niedrigsten Lebensvorganges wiederzugeben. Dass dem so ist, scheint mir nicht ein Nachtheil, sondern eher ein Vorzug unseres Gesetzes. Eben weil es uns gestattet, das Ganze der Mechanik umfassend zu überblicken, zeigt es uns auch die Grenzen dieses Ganzen. Eben weil es uns nur eine Thatsache giebt, ohne derselben den Schein der Nothwendigkeit beizulegen, lässt es uns erkennen, dass alles auch anders sein könnte. Vielleicht wird man solche

Erörterungen an dieser Stelle für überflüssig halten. In der That ist man auch nicht gewöhnt, sie in der gewöhnlichen Darstellung der Mechanik bei den Elementen behandelt zu sehen. Aber dort gewährt die völlige Unbestimmtheit der Kräfte noch einen weiten Spielraum. Man behält sich stillschweigend vor, später etwa einen Gegensatz zwischen den Kräften der belebten und der unbelebten Natur festzustellen. In unserer Darstellung ist das betrachtete Bild von vorneherein so scharf umrissen, dass sich nachträglich kaum mehr tief eingreifende Eintheilungen werden vornehmen lassen."

Ein Bedenken, welches ich hier noch gegen den Monismus geltend machen möchte, liegt in der stillschweigenden Voraussetzung der Eindeutigkeit aller der Fragen und Probleme, welche sich die Naturwissenschaft stellt. Eine solche Voraussetzung wird so leicht als selbstverständlich hingenommen, dass es wohl angemessen sein möchte, hier mit einigen Worten darauf zurückzukommen.

Das Verdienst auf die Wichtigkeit eines Nachweises der Eindeutigkeit der Probleme zuerst hingewiesen zu haben, darf wohl die Mathematik für sich in Anspruch nehmen. Zur Beantwortung der Frage, in wieweit die naturwissenschaftlichen Probleme eindeutig sind, wird man am besten die Geschichte der Wissenschaft heranziehen.

In dem dritten und vierten Vortrag ist ausgeführt worden, wie z. B. die Anschauungen über die Natur des Lichtes, die Emanations- und die Undulations-Anschauung lange Zeit nebeneinander hergehen durften, wie dann, als das weitere Erfahrungsmaterial zu Gunsten der Undulations-Anschauung entschieden hatte, die elastische und elektromagnetische Lichttheorie lange Zeit nebeneinander eine Rolle spielen durften.

Dieses Beispiel zeigt, wie allerdings die fortschreitende Induction die Vieldeutigkeit der Probleme einschränkt, aber niemals ganz aufhebt. Die Behauptung der vollständigen Eindeutigkeit der naturwissenschaftlichen Probleme käme so gut wie mit dem Aufgeben der inductiven naturwissenschaftlichen Methode überhaupt überein.

Nun liegt die Frage nach der Eindeutigkeit der Probleme in der Physik einfach aus dem Grunde um vieles klarer, als in den anderen naturwissenschaftlichen Disciplinen, weil die physikalische Behandlung den mathematischen Hülfsmitteln zugänglich ist. In vielen Fällen besteht aber weiter bei aller Eindeutigkeit der mathematischen formalen Behandlung noch eine Vieldeutigkeit der physikalischen Deutung der mathematisch eindeutigen Formeln.

Das sind Alles Schwierigkeiten, welchen näher zu treten andere naturwissenschaftliche Disciplinen bis jetzt kaum Veranlassung genommen haben; darum bestehen solche Schwierigkeiten aber ebensogut in den Naturwissenschaften wie in der Physik. Die Physik darf gewiss unter den Naturwissenschaften als die Disciplin bezeichnet werden, welche sich der durchgebildetsten Theorien erfreut; umsomehr wird die Physik in der Lage sein, auf die Existenz von Schwierigkeiten hinzuweisen, welche der Monismus nicht kennt oder wenigstens nicht genügend berücksichtigt — wenigstens spricht er nicht darüber.

Nothwendigkeit.

Ueber das Verhältnis der Nothwendigkeit des Denkens zur Nothwendigkeit des Naturgeschehens.

Man kann es als eine der Aufgaben der Naturwissenschaften betrachten, die Gesetze der Logik in uns in der äusseren Natur wiederzufinden, und man kann die Frage aufwerfen, worauf denn eigentlich die stillschweigende Voraussetzung dieser Uebereinstimmung der Gesetze des Naturgeschehens mit denen der menschlichen Logik, oder auch nur die Möglichkeit einer solchen beruht. So lange man die Logik als etwas ausschliesslich a priori Gegebenes betrachtet, mag diese Frage berechtigt erscheinen, aber man kann die Sache auch anders betrachten.

Das äussere Geschehen der Dinge, soweit es nothwendig und gesetzmässig vor sich geht, drängt sich auch schon dem

kleinsten Erfahrungskreise auf, und dieses gesetzmässige äussere Geschehen der Dinge ist es, welches empirisch uns zwingt, diese Gesetzmässigkeit nachzudenken. So halte ich dafür, dass die Logik in uns ihren Ursprung in dem gesetzmässigen Geschehen der Dinge ausser uns hat, dass die äussere Nothwendigkeit des Naturgeschehens unsere erste und recht eigentliche Lehrmeisterin ist. Diese Anschauung kann ich vielleicht als den Kernpunkt meiner erkenntnistheoretischen Studien auf naturwissenschaftlichem Boden bezeichnen.

Dieses ursprüngliche Verhältnis zwischen Denknothwendigkeit und Naturnothwendigkeit, welches durch Unterricht und reproductive Thätigkeit nur verwischt werden kann, ist es, welches in Fragen menschlicher Erkenntnis die mannigfaltigsten Formen annehmen und die verschiedensten Anschauungen über das a priori oder a posteriori Gegebene uns vortäuschen kann.

Giebt man die von mir entwickelte Anschauung als wenigstens theilweise zutreffend zu, so wäre damit die fundamentale Bedeutung der Naturwissenschaft für jedwede Logik und Erkenntnistheorie zugestanden. Die Naturwissenschaft wäre dann in der That so ziemlich der Angelpunkt für alle Fragen menschlicher Erkenntnis.

Die Darstellung dieses Verhältnisses von Naturwissenschaft und Erkenntnislehre erleidet eine Schädigung, wenn man von vorneherein darauf ausgeht, solche Wissenschaften wie Geschichte naturwissenschaftlich behandeln und nach historischen Gesetzen im Sinne von Naturgesetzen forschen zu wollen, wie das Buckle gethan hat (vergl. S. 118 u. f.); es erhält eine Förderung, wenn man, wie ich es besonders in der Behandlung der Denkformen der Isolation und Superposition zu veranschaulichen versucht habe, den Naturwissenschaften die Anregung entnimmt, alle Dinge unter gewissen Denk- und Anschauungsformen zu betrachten.

Eine wesentliche Ergänzung erhält die Veranschaulichung dieser Verhältnisse weiter durch die Beziehungen, welche zwischen Freiheit und Nothwendigkeit walten:

Die Freiheit des menschlichen Handelns auf höchster

Stufe geht auch mit einer gewissen Nothwendigkeit vor sich, darum darf sie aber unter die Nothwendigkeit des äusseren Naturgeschehens nicht ohne Weiteres eingeordnet werden. Die Nothwendigkeit des freien Handelns geht nach Gründen unter gegebenen Bedingungen vor sich und bedient sich hiebei der Nothwendigkeit des äusseren Naturgeschehens als Mittel, um gewisse Zwecke zu erreichen. Es kommen hiebei also zweierlei Nothwendigkeiten in Betracht, die nicht verwechselt werden dürfen, wenngleich sie Beziehungen unter einander haben. Die äussere Nothwendigkeit des Naturgeschehens ist ein realer Mechanismus, die innere Nothwendigkeit des menschlichen freien Handelns ist überhaupt kein Mechanismus, sie ist eine Tendenz, deren Endziel auf einem ganz anderen Gebiete liegt, als dem des naturnothwendigen Geschehens.

Die äussere Nothwendigkeit des Naturgeschehens spielt so für die Menschheit eine dreifache Rolle:

1) sie ist der formale Ursprung unserer Logik und Erkenntnistheorie,

2) sie ist das wissenschaftliche Object unserer Naturforschung,

3) sie ist durch Erkenntnis ihres Thatbestandes die Quelle aller technischen Verwerthungen und damit die Quelle der Erweiterung der Machtsphäre menschlicher Freiheit.

In der Einführung in seine „Théorie analytique des probabilités“ entwickelt Laplace die Anschauung, dass alle Ereignisse, auch die geringfügigsten den grossen Gesetzen der Natur unterliegen und ebenso nothwendig sind, wie die Bewegungen des Planetensystems. Einen Zufall und einen freien Willen giebt es nach dieser Anschauung nicht, und wenn wir nichtsdestoweniger von Zufall sprechen, geschieht es, weil wir die Bedingungen nicht näher kennen, unter denen das nothwendig eintreten muss, was wir Zufall nennen.

Diese Anschauung ist monistisch. Gewiss greift das Reich der realen Nothwendigkeit ebenso in das Gebiet des Grossen wie des Kleinsten. Gewiss kommt unter Umständen das, was wir Zufall nennen, so zu Stande, dass es sich als

eine Nothwendigkeit ergiebt, für die wir die Bedingungen nicht angeben können; und nach dieser Richtung sind die Beispiele des Würfelns besonders instructiv. Gewiss ist es auch berechtigt, die Regeln der Wahrscheinlichkeitsrechnung auf die Statistik menschlicher Lebensverhältnisse anzuwenden, obwohl ich der Anschauung bin, dass es sich schon hier keineswegs ausschliesslich um Erscheinungen handelt, die principiell als äusserlich nothwendig aufgefasst werden könnten. Wenn aber Laplace die Wahrscheinlichkeit auch der bestbezeugten historischen Ereignisse als eine äusserst geringe findet, so möchte ich hierin bereits eine Verletzung der historischen Interessensphäre sehen, für welche der mathematische Begriff Wahrscheinlichkeit unfruchtbar wird.

Oscillirende Denkprocesse.

Unter diesem Stichwort möchte ich einige Vorgänge in uns andeuten, die erkenntnistheoretisch nicht ohne Bedeutung sind; ich meine die Reihe von Einwirkungen, welche wir von dem Object zu empfangen suchen, in Verbindung mit der Reihe von Reflexionen, mit denen wir umgekehrt an das Object herantreten.

Am bekanntesten sind solche Oscillationsprocesse wohl bei der Betrachtung von Kunstwerken. Wir lassen ein Kunstwerk voll und ganz auf uns wirken, es werden dadurch gewisse Ideen — der Ausdruck trifft nicht ganz zu — in uns ausgelöst, mit denen wir dann wieder in die Betrachtung der Kunstwerke hineingehen. Auf der Einleitung eines solchen oscillirenden Processes beruht der ästhetische Genuss von Kunstwerken.

Aehnlicher Wechselwirkungen zwischen uns und den Naturobjecten, wie sie sich in den Naturwissenschaften erkenntnistheoretisch so förderlich erweisen, möge hier kurz gedacht werden:

Eine der vornehmlichsten für die Naturwissenschaft so

fruchtbaren Wechselwirkungen ist die Wechselwirkung zwischen Sinnesempfindung und Denken; spielt eine solche Wechselwirkung doch schon in der Erziehung des Menschen eine so grosse Rolle, wo die Sinne das Denken anregen und das Denken die Sinne gebrauchen und üben lehrt.

Diese Wechselwirkung zwischen sinnlichen Wahrnehmungen und dem Denken ist es, welche die Begriffsbildung in den Naturwissenschaften so wesentlich unterstützt. Wir dürfen die Willenskraft nicht gering anschlagen, isolirende Begriffsbildungen vorzunehmen. Die Natur redet in ihrer Unermesslichkeit zum Menschen eine so gewaltige Sprache, dass das Unternehmen sie zu begreifen zunächst aussichtslos erscheinen mag — und es hat in der Geschichte auch lange genug als aussichtslos bestanden. Erst Erfolge ermuthigten zu weiteren Versuchen und forderten zur Vornahme weiterer Begriffsbildungen heraus. Aber trotz aller Erfolge auf diesem Gebiet bleibt die Begriffsbildung ein ausserordentlich schwieriges Unternehmen; die Schwierigkeit würde unübersteigbar erscheinen, wenn das Denken, welches schliesslich doch den Process der Begriffsbildung zu vollziehen hat, nicht gerade bei den Naturwissenschaften durch die Sinne seine kräftigste und beständig erfrischende Anregung erhielte.

So fremdartig dem menschlichen Geiste das Gleiche in der Natur erscheint, so langsam sich die Forschung in den ersten Anfängen der Naturwissenschaften entfaltete, um so mehr Anhaltspunkte gewährte die fortschreitende Wissenschaft, des noch unerforschten Stoffes Herr zu werden. Die Analogie wird, je reicher sich die Forschung gestaltet, ein um so anregenderes Förderungsmittel, zu neuen Ideencombinationen und damit zu weiteren Begriffsbildungen und Isolationscentren oscillirend fortzuschreiten; ein geistiges Auge, wo die leiblichen Sinne nicht mehr fördernde Wechselwirkung gewähren können, aber ebenso der Wechselwirkung fähig, wie das leibliche Auge.

Nach diesen Auseinandersetzungen können wir der Frage näher treten, ob im Grunde genommen wir die Begriffe in

die Natur hineinlegen oder ob die Natur uns die Begriffe vorschreibt. Die richtige Beantwortung der Frage liegt in der Verbindung beider Gesichtspunkte. Geben wir selbst zu, dass der erste Versuch, in die Natur mit Begriffen hineinzugehen, von uns ausgehen mag, so kommt doch Alles darauf an, ob wir mit der Fassung des Begriffs weiter in der Natur durchkommen. Es ist unwahrscheinlich, dass wir gleich beim ersten Ansatz den Begriff entsprechend den Erscheinungen gefasst haben, wir werden ihn vielleicht nur näherungsweise richtig gefasst haben; die Natur wird uns bei weiterer Erfahrung belehren, in welcher Richtung wir die Fassung zu verbessern oder zu ändern haben. Wir können uns einen solchen wechselwirkenden oscillirenden Process ins Unbegrenzte fortgesetzt denken, um ein der inneren Entwicklung der Wissenschaft in vielen Fällen ganz entsprechendes Bild zu gewinnen.

Superposition.

In der Physik versteht man unter Princip der Superposition die Anwendung der Vorschriften, nach denen sich „Vectorgrössen“ zusammensetzen: Die Componenten in einer Richtung werden addirt, um die Gesammtcomponente in dieser Richtung zu erhalten, und die Resultante ergiebt sich als Diagonale des Parallelepipeds, dessen Kanten die Gesammtcomponenten nach Grösse und Richtung darstellen. Die Differentialgleichungen, denen unter Umständen die Componenten zu genügen haben, müssen dann linear sein.

In dieser engeren Bedeutung hat das Princip der Superposition eine so grosse Bedeutung in der Physik gewonnen, dass man der Anschauung näher treten konnte, das Superpositionsprincip als allgemeines Naturprincip hinzustellen — eine Anschauung, welche Boltzmann Wied. Ann. 57, S. 45. 1896 sehr verfrüht erscheint.

Ich möchte das Superpositionsprincip weniger als Natur-

princip wie als erkenntnistheoretisches Princip hinstellen. Die Frage nach der Allgemeingültigkeit tritt dann insofern nicht in den Vordergrund, als die Erkenntnistheorie ja überhaupt mehr Anregung geben will, die Dinge unter gewissen Formen zu betrachten, als dass sie behauptet, dass diese Anschauungsformen ausnahmslose Gültigkeit für sich in Anspruch nehmen.

Anhangsweise möchte ich hier noch auf einige Fälle zurückkommen, in denen das Superpositionsprincip eine besondere Anwendung erheischt oder in denen es zweifelhaft erscheint.

Es handle sich zunächst um die sogenannten Influenzerscheinungen in der Physik. Die Behandlung des Dreikörperproblems erfolgt (cf. Seite 113) unter Anwendung des Princips der Superposition und schliesst die Möglichkeit aus, an welche wohl auch bisweilen gedacht ist, dass die Anwesenheit eines dritten Körpers die Wirkung der beiden anderen Körper auf einander beeinflusst (nach meiner Erinnerung z. B. bei G. Th. Fechner).

Bei den Influenzwirkungen beeinflusst nun nicht blos die Anwesenheit eines dritten Körpers die Wirkung der beiden anderen auf einander, es beeinflussen sich bereits zwei Körper gegenseitig. Es ist z. B. eine physikalisch bekannte Erscheinung, dass die Wirkung eines elektrisirten Leiters wesentlich durch die Anwesenheit weiterer in das elektrische Kraftfeld eingeführter Leiter modificirt wird, selbst dann wenn letztere ungeladen sind. Die Behandlung besteht hier in einer weiteren zweckmässig vorgenommenen Isolirung des Problems, sie führt zum Ziel, wenn man das Problem der Vertheilung der Elektricität auf der Oberfläche der Leiter von dem Problem der Wirkungen auf die ponderable Materie[1]) trennt und

1) Das Coulomb'sche Gesetz der Elektrostatik ist ein doppeltes Gesetz, es enthält in sich ein elektromotorisches und ein ponderomotorisches Gesetz. Das erste sagt etwas über Gleichgewichtszustände der Elektricität aus, das zweite über Gleichgewichtszustände der ponderabeln Materie, auf welche elektrostatisch eingewirkt. wird.

jenes zuerst behandelt. Ist das Vertheilungsproblem gelöst, so kommt das Princip der Superposition zur Verwendung.

Wie steht es nun aber mit der Anwendbarkeit des Superpositionsprincips auf chemische Verbindungen, welche bekanntlich dadurch charakterisirt sind, dass bei der chemischen Verbindung wesentliche Eigenschaften der Elemente ganz verloren gehen? Bringen wir die physikalischen Influenzwirkungen in Parallele, dann könnten wir vielleicht sagen, bei den chemischen Vorgängen fehlen nur die Bindeglieder, welche uns ein näheres Verständnis und eine tiefere Erkenntnis der Erscheinung erschliessen. Diese Zwischenvorgänge, welche uns die Anwendung des Superpositionsprincips vermitteln könnten, gehen in überaus kleinen (molekularen) Räumen vor sich und entziehen sich dadurch unserer sinnlichen Wahrnehmung.

Ostwald hat darauf aufmerksam gemacht, dass der Vorgang der chemischen Verbindung der Erkenntnis dadurch entrückt wird, dass man stillschweigend an Stelle des physikalischen Gesetzes von der Erhaltung der Masse das metaphysische Axiom von der Erhaltung der Materie gesetzt hat.

Trägheitsprincip

(in übertragener erkenntnistheoretischer Bedeutung).

Das physikalische Gesetz der Trägheit ist neuerdings von einigen Autoren in das Gebiet der Erkenntnistheorie zu übertragen versucht worden. Ich habe dasselbe in dieser Bedeutung zuerst bei Häckel 1892 in seinem Vortrag über den Monismus, dann bei Ostwald in seiner „Elektrochemie, ihre Geschichte und Lehre" 1894—96 gefunden.

Ich möchte, um meine Stellung nach dieser Richtung zu kennzeichnen, zunächst auf das hinweisen, was ich S. 168 über das physikalische Trägheitsgesetz gesagt habe. Die dort

stehende Formulirung giebt mir die Anregung, auch das von Häckel und Ostwald eingeführte erkenntnistheoretische Princip weniger als ein Gesetz, als ein nothwendiges Postulat jeder Erkenntnistheorie zu bezeichnen.

In der That es muss als eine Forderung für die Erkenntnis bezeichnet werden, die gewonnene Erkenntnis bis zu einem gewissen Grade festzuhalten und mindestens so hoch zu schätzen, dass man sie nicht jeder neuen sich einstellenden Erscheinung zu Liebe ohne Weiteres aufgiebt.[1])

Häckel scheint mir mit seinem Trägheitsgesetz gar zu sehr der Tendenz Ausdruck geben zu wollen, an einmal gebildeten, in der Regel überwundenen Meinungen festzuhalten. Bei Einführung solcher Bezeichnungen wie Trägheit spielt die Zweckmässigkeit der Terminologie eine besondere Rolle, über welche sich ja natürlich streiten lässt, und darum möchte ich mit meiner Meinung nicht zurückhalten, die Bezeichnung für nicht ganz glücklich zu halten; hat die Bezeichnung Trägheit auf geistiges Gebiet übertragen doch ohnehin einen üblen Beigeschmack, der dem physikalischen Begriff gänzlich fehlt.

Dieser Beigeschmack ist es, der dazu verführen könnte, Neuerungen, die sich vielleicht als unberechtigt ergeben möchten, einen grösseren Nachdruck verleihen zu wollen, als es für das Gebiet der Erkenntnis förderlich sein möchte. Denn für die heutigen Naturwissenschaften gilt ebenso wie für die Staatswissenschaften, dass das historisch Gewordene ein sehr bedeutender Factor ist, der eine grössere Ansammlung von Erfahrung enthält, als das Neue für sich in Anspruch nehmen darf, der vor Allem zunächst erforscht sein will,

1) Man vergleiche die gewiss sehr zutreffenden Worte von E. Mach: „Zu grosse Nachgiebigkeit gegen jede neue Thatsache lässt gar keine feste Denkgewohnheit aufkommen. Zu starre Denkgewohnheiten werden der freien Beobachtung hinderlich. Im Kampfe, im Compromis des Urtheils mit dem Vorurtheil, wenn man so sagen darf, wächst unsere Einsicht.“ Ueber Umbildung und Anpassung im naturwissenschaftlichen Denken, 1883, wieder abgedruckt in den populär wissenschaftlichen Vorlesungen, 1896. S. 247.

und der leichten Kaufs nicht ohne Weiteres aufgegeben werden darf.

Die auch von anderen Autoren verwendete Bezeichnung Princip der Continuität scheint mir geeigneter, das wiederzugeben, was man erkenntnistheoretisch unter Trägheitsprincip zu verstehen hätte.

Nachträgliche Bemerkung.

In meiner Schrift ist wiederholt von dem Galilei'schen Trägheitsgesetz gesprochen worden. Wenn dasselbe in voller Klarheit auch erst von den Nachfolgern Galilei's aufgestellt ist, so hat doch Galilei's Forschung den bedeutendsten Antheil daran. (Man vergleiche auch E. Mach. Die Mechanik in ihrer Entwickelung, 2. Auflage, Leipzig 1889, S. 479.)

Die Auffassung des Trägheitsgesetzes als Postulat findet sich schon bei Poske in seinem Aufsatz: „über den empirischen Ursprung und die Allgemeingültigkeit des Beharrungsgesetzes“, Vierteljahrs-Zeitschrift für wissenschaftliche Philosophie VIII, 4. 1884.




3 2044 021 174 032


WIDENER
WIDENER
FEB 1 0 1996
CANCELLED
WIDENER
SEP 1 0 1997

